

The international scientific and practical journal
“EMERGENCY SITUATIONS: EDUCATION AND SCIENCE”

INTERNATIONAL EDITORIAL COUNCIL:

Pleskachevsky Yu. M. – **Chairman**, corresponding member of the NASB (Belarus),
Ukrainets A. A. – **Deputy Chairman** (Belarus), **Borodako A. V.** – **Deputy Chairman** (Belarus),
Avitsov P. V., Dr. Med. Sc., Prof. (Russia), **Akimov V. A.**, Dr. Eng. Sc., Prof. (Russia),
Babosov E. M., academician of the NASB (Belarus), **Gabbasov S. G.**, Cand. Eng. Sc. (Kazakhstan),
Gorkunov E. S., academician of the RAS (Russia), **Ilyuschenko A. F.**, corresponding member
of the NASB (Belarus), **Kavardjikov V.**, Dr. Eng. Sc., Prof. (Bulgaria),
Kovtun V. A., Dr. Eng. Sc., Prof. (Belarus), **Laskovnyov A. P.**, academician of the NASB (Belarus),
Lobanov L. M., academician of the NASU (Ukraine), **Mihovski M.**, Dr. Eng. Sc., Prof. (Bulgaria),
Myshkin N. K., academician of the NASB (Belarus), **Ovsyanik A. I.**, Dr. Eng. Sc., Prof. (Russia),
Pieczonka T., PhD, Prof. (Poland), **Chizhik S. A.**, academician of the NASB (Belarus),
Harlamov A. I., Dr. Eng. Sc., Prof. (Ukraine).

EDITOR-IN-CHIEF: **Kovtun V. A.**, Dr. Eng. Sc., Professor
DEPUTY EDITORS-IN-CHIEF: **Sutorma I. I.**, Cand. Eng. Sc., associate professor,
Nabatova A. E., Cand. Jur. Sc., associate professor,
EXECUTIVE SECRETARY: **Bannyi V. A.**, Cand. Eng. Sc., associate professor.

EDITORIAL BOARD:

Averyanova V. V., Cand. Phil. Sc., associate professor, **Ayubaev T. M.**,
Bobrysheva S. N., Cand. Eng. Sc., associate professors,
Boiko A. A., Dr. Eng. Sc., associate professor, **Goldade V. A.**, Dr. Eng. Sc., Prof.,
Gorohov V. M., Dr. Eng. Sc., **Dovgyalo V. A.**, Dr. Eng. Sc., Prof.,
Dundarov Z. A., Dr. Med. Sc., Prof., **Zhornik V. I.**, Dr. Eng. Sc.,
Kalach A. V., Dr. Chem. Sc., associate professor, **Kasharny V. V.**, Cand. Eng. Sc.,
associate professor, **Kickinyov V. V.**, Cand. Eng. Sc., **Knyagina V. N.**, Cand. Ph.-Math. Sc.,
associate professor, **Konovalova Yu. A.**, Cand. Phil. Sc., associate professor,
Kravtsov A. G., Dr. Eng. Sc., Prof., **Malkin V. A.**, Dr. Eng. Sc.,
Narskin G. I., Dr. Ped. Sc., Prof., **Novikov G. F.**, **Pasovets V. N.**, Cand. Eng. Sc.,
associate professors, **Pushkin I. A.**, Dr. Eng. Sc., Prof., **Serdyukov A. N.**, corresponding member
of the NASB, **Stankevich V. M.**, Cand. Eng. Sc. associate professor, **Todorov I.**, PhD., associate
professor, **Trostyansky S. N.**, Dr. Eng. Sc., associate professor,
Halapsina T. I., Cand. Eng. Sc. associate professor, **Holodilov O. V.**, Dr. Eng. Sc., Prof.,
Shapovalov V. M., Dr. Eng. Sc., Prof.

Editorial Office Address: 35A, Rechitsky av., Gomel, 246023, Republic of Belarus,
phone number: +(375 232) 46-09-95, fax: +(375 232) 46-00-13; E-mail address: ESES.gomel@gmail.com

Учредитель – Государственное учреждение образования «Гомельский инженерный институт» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь.

Решением коллегии Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 19 декабря 2007 г. № 28/12 журнал включен в перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим наукам (безопасность деятельности человека).

Журнал зарегистрирован в Министерстве информации Республики Беларусь, свидетельство о регистрации № 839 от 21 января 2011 г.

Журнал зарегистрирован и включен в базу Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

Журнал «Чрезвычайные ситуации: образование и наука» включен в каталог печатных средств массовой информации Республики Беларусь. Индекс журнала: 00003 (для индивидуальных подписчиков), 000032 (для предприятий и организаций).

ISSN 2027-2699

© ГИИ МЧС Республики Беларусь, 2016

Founded by State Educational Establishment “Gomel Engineering Institute” of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus.

According to the Decision of the Higher Attestation Commission Board of the Republic of Belarus dated December 19, 2007 № 28/12 the journal was included in the list of scientific publications of the Republic of Belarus approved for publication of the results of the dissertation research in technical sciences (human life safety).

The journal is registered in the Ministry of Information of the Republic of Belarus, Certificate № 839 dated 21/01/2011).

The journal is registered and included in the Russian Science Citation Index base (RSCI).

The journal “Emergency situations: education and science” is included in the mass media catalogue of the Republic of Belarus. Index: 00003 (for personal subscribers), 000032 (for enterprises and organizations).

ISSN 2027-2699

© GEI MES of the Republic of Belarus, 2016

МИНИСТЕРСТВО ПО ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГОМЕЛЬСКИЙ ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ
МЧС РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ: ОБРАЗОВАНИЕ И НАУКА

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издается с сентября 2006 года

Выходит два раза в год, один том в год

ГОМЕЛЬ, ГИИ МЧС РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ · 2016, ТОМ 11, № 1

СОДЕРЖАНИЕ

НАУКА

- Абрамов Ю. А., Тищенко Е. А.** Частотные характеристики пожара класса В при его тушении распыленной водой.....7
- Костенко В. К., Покалюк В. Н., Майборода А. А., Нуязин А. М., Козырь Д. А.** Обоснование методики дистанционного измерения температуры поверхности источников горения и самонагревания на породных отвалах угольных шахт14
- Ларин А. Н., Чернобай Г. О., Коханенко В. Б., Назаренко С. Ю.** Определение поперечной жесткости пожарных рукавов диаметром 51 мм.....22
- Поспелов Б. Б., Андронов В. А.** Стохастические бифуркации среднеобъемной температуры газовой среды в помещении при пожаре27
- Тарковский В. В., Стахейко П. Н., Леванович А. В., Сакович Э. И., Филипович С. М., Балыкин А. С.** Условия реализации оптимального электрического взрыва проводников различного типа в воде36
- Чан Дык Хоан.** Методика расчета основных геометрических параметров водопенного насадка на ствол пожарный ручной СРК-50.....41

ОБРАЗОВАНИЕ

- Бабич В. Е., Суриков А. В.** Полевое тестирование физической подготовленности спасателей-пожарных50
- Гапанович-Кайдалов Н. В.** Компоненты информационной компетентности спасателя.....56
- Короткевич С. Г., Ковтун В. А., Андреева К. А., Домин В. В.** Обучающий программный комплекс для проведения пожарно-технического обследования объектов различного назначения.....63

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Алексеев С. А., Шайхлисламова И. А., Масур А. С. Мобильный многофункциональный комплекс для локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций	70
Гольдаде В. А., Царенко И. В., Кульгейко М. П., Волнянко Е. Н. Полимерные материалы для защиты нефтепроводов.....	75
Горбань В. Б., Хлевной А. В., Жезло Н. В. Оценка нормативно-правового обеспечения профилактики термических ожогов среди детей и подростков.....	81
Ларин А. Н., Калиновский А. Я., Коваленко Р. И. Анализ путей сокращения времени прибытия пожарно-спасательных подразделений на вызов	88
Легчекова Е. В., Титов О. В. Способ определения дистанции между автомобилями при движении в колонне.....	95
Пасовец В. Н., Дараган А. А., Ковтун В. А. Роботизированный комплекс автоматического обнаружения и ликвидации очага возгорания	100
Шныпарков А. В., Копытков В. В. Автоматизация системы водозаполнения центробежного насоса пожарной автоцистерны	109
 ЭКСТРЕННАЯ МЕДИЦИНА	
Банний В. А., Цветкова Е. А., Гольдаде В. А., Николаев В. И., Кудина И. С. Полимерные пневматические шины для иммобилизации верхних и нижних конечностей в чрезвычайных ситуациях	113

THE MINISTRY FOR EMERGENCY SITUATIONS
OF THE REPUBLIC OF BELARUS

GOMEL ENGINEERING INSTITUTE
OF THE MINISTRY FOR EMERGENCY SITUATIONS OF THE REPUBLIC OF BELARUS

EMERGENCY SITUATIONS: EDUCATION AND SCIENCE

THE INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL

Issued from September, 2006

Issued two times a year, one volume a year

GOMEL, GEI MES OF THE REPUBLIC OF BELARUS · 2016, VOLUME 11, № 1

CONTENTS

SCIENCE

- Abramov Y. A., Tischenko E. A.** The frequency characteristics of the class B fire when it is being extinguished by water spray 7
- Kostenko V. K., Pokaluk V. N., Mayboroda A. A., Nuyanzin A. M., Kozyr D. A.** Justification remote sensing techniques in surface temperature and self-heating sources burning waste heaps of coal mines..... 14
- Larin A. N., Chernobay G. A., Kohanenko V. B., Nazarenko S. Y.** Determination of the transverse rigidity of a fire hose 51 mm diameter..... 22
- Pospelov B. B., Andronov V. A.** Stochastic bifurcation volume average temperature of the gas environment at the fire 27
- Tarkovsky V. V., Staheyko P. N., Levanovich A. V., Sakovich E. I., Filipovich S. M., Balykin A. S.** Terms of realization of optimum electrical explosion of different types conductors in the water..... 36
- Tran Duc Hoang.** Calculation method main geometrical parameters of water-foam nozzle on the SRK-50..... 41

EDUCATION

- Babich V. E., Surikov A. V.** Field testing of rescuers-firefighters physical ability 50
- Gapanovich-Kaidalov N. V.** The componets of information competence of rescuer 56
- Korotkevich S. G., Kovtun V. A., Andreeva K. A., Domin V. V.** The training program complex for conducting fire-technical investigation of different objects 63

TECHNICAL TOOLS. SAFETY PROVISION

- Alekseenko S. A., Shaykhlislamova I. A., Masur A. S.** Mobile multifunctional unit for localization and liquidation of emergency situations 70

Goldade V. A., Tsarenko I. V., Kulheika M. P., Volnyanko E. N. Polymer materials for oil-pipe lines protection	75
Gorban V. B., Khlevnoy A. V., Zhezlo N. V. Estimation of standard legal support of prevention of thermal burns among children and adolescents	81
Larin A. N., Kalinovsky A. Ya., Kovalenko R. I. Analysis of ways to reduce the time firefighters arrived and rescue unit on call	88
Legchekova E. V., Titov O. V. Method of definition of the distance between cars at the movement in the column	95
Pasovets V. N., Daragan A. A., Kovtun V. A. Robotic systems for automatic detection and suppression release	100
Shnyparkov A. V., Kopytkov V. V. Automation of water filling system of the centrifugal pump of a fire truck	109

EMERGENCY MEDICINE

Bannyi V. A., Tsvetkova E. A., Goldade V. A., Nikolaev V. I., Kudina I. S. Polymeric air splints for the immobilization of the upper and lower extremities in emergency situations ...	113
---	-----

НАУКА

УДК 614.8

ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЖАРА КЛАССА В ПРИ ЕГО ТУШЕНИИ РАСПЫЛЕННОЙ ВОДОЙ

Ю. А. АБРАМОВ¹, доктор технических наук, профессор
Е. А. ТИЩЕНКО², кандидат технических наук, доцент

¹Национальный университет гражданской защиты Украины, г. Харьков

²Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля
Национального университета гражданской защиты Украины

Получены выражения для частотных характеристик пожара класса В при его тушении распыленной водой, в основе которых лежит использование Паде аппроксимации иррациональной функции комплексного аргумента.

Ключевые слова: пожар класса В, распыленная вода, частотные характеристики.

Введение

Одним из направлений по повышению эффективности тушения пожаров является использование новых, более совершенных методов проектирования систем пожаротушения. Такие методы основаны на использовании современного математического описания процессов, протекающих при тушении. До сих пор такие процессы в лучшем случае описывались уравнением Фурье [1]. В последнее время появились публикации, в которых процесс тушения пожара, в частности, пожара класса В, описывается с использованием передаточных функций [2]. Такой подход открывает новые возможности для анализа и синтеза систем пожаротушения и обуславливает дальнейшие шаги по использованию методов технической кибернетики для совершенствования характеристик таких систем. В этой связи представляет интерес решение задачи по определению частотных характеристик пожара на примере пожара класса В при его тушении распыленной водой.

Основная часть

Пожар класса В при его тушении распыленной водой в [3] рассматривается как объект управления, являющийся функциональным элементом системы пожаротушения. Для такого объекта управления получена передаточная функция, имеющая вид

$$W_1(p) = \frac{\theta(0, p)}{I(p)} = \frac{arK}{\lambda\nu(T_k - T_0)} L^{-1} \left[0,5 + (p + 0,25)^{0,5} \right]^{-1}, \quad (1)$$

где $\theta(0, p)$ – изображение по Лапласу относительной температуры поверхности горячей жидкости.

$$\theta(z, \tau) = \frac{T_k - T(z, \tau)}{T_k - T_0}, \quad (2)$$

$I(p)$ – изображение по Лапласу интенсивности подачи распыленной воды; a, λ, v, T_k – коэффициент температуропроводности, теплопроводность, скорость горения и температура кипения горючей жидкости соответственно; T_0 – температура окружающей среды; r, K – теплота испарения и коэффициент использования распыленной воды, соответственно.

В выражении (1) сомножитель

$$q = [0,5 + (p + 0,25)^{0,5}]^{-1}. \quad (3)$$

является иррациональной функцией комплексного аргумента p , что обуславливает ряд трудностей при использовании передаточной функции такого вида. Снятие этих трудностей возможно, например, путем трансформации (3) в другой класс функций. Наиболее предпочтительным вариантом является представление (3) в виде аппроксимации дробно-рациональной функцией, что может быть реализовано с помощью Паде аппроксимации [4]. В этом случае функция q принимает вид

$$q \cong \left[\sum_{i=0}^m a_i p^i \right] \left[\sum_{k=0}^n b_k p^k \right]^{-1} = q(m, n), \quad (4)$$

где a_i, b_k – параметры аппроксимации, причем $m < n$.

Максимальное значение порядка характеристического полинома приведенной передаточной функции $q(m, n)$ целесообразно определять из обеспечения необходимого условия устойчивости в соответствии с критерием Гурвица [5], согласно которому необходимо, чтобы

$$b_k > 0, k = \overline{0, n}. \quad (5)$$

В таблице 1 приведены значения параметров a_i и b_k для Паде аппроксимации $q(n-1, n)$ функции (3).

Таблица 1 – Значения параметров аппроксимации

i, k	$q(3, 4)$		$q(4, 5)$		$q(5, 6)$		$q(6, 7)$		$q(7, 8)$		$q(8, 9)$	
	a_k	b_k	a_k	b_k	a_k	b_k	a_k	b_k	a_k	b_k	a_k	b_k
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
1	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0
2	10,0	15,0	21,0	28,0	36,0	45,0	55,0	66,0	28,0	91,0	105,0	120,0
3	4,0	10,0	20,0	35,0	56,0	84,0	120,0	165,0	220,0	286,0	364,0	455,0
4		1,0	5,0	15,0	35,0	70,0	126,0	210,0	330,0	495,0	715,0	1001,0
5				1,0	6,0	21,0	56,0	126,0	252,0	462,0	792,0	1287,0
6						1,0	7,0	28,0	84,0	210,0	462,0	924,0
7								1,0	8,0	36,0	120,0	330,0
8										1,0	9,0	45,0
9												1,0

На рисунках 1 и 2 представлены зависимости приведенной передаточной функции q и ее аппроксимаций $q(3, 4)$ и $q(8, 9)$ от переменной p для разных диапазонов изменения аргумента этих функций.

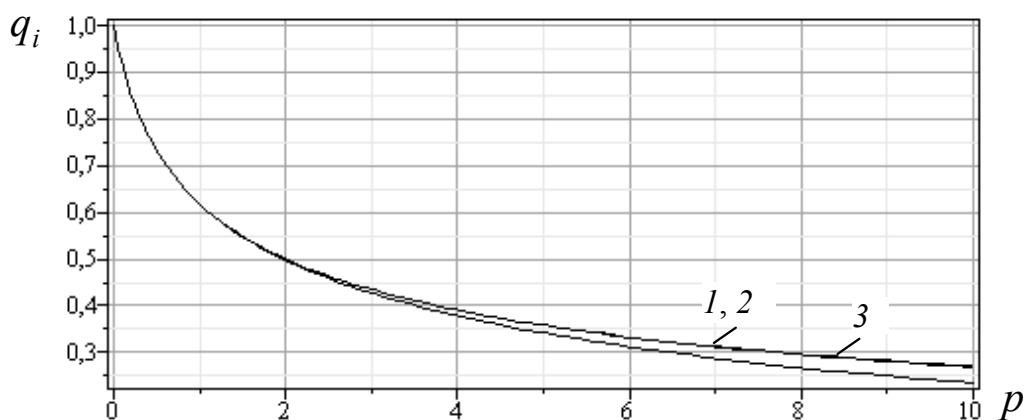


Рисунок 1 – Зависимость приведенной передаточной функции и ее аппроксимаций от переменной p для $0 \leq p \leq 10$: 1 – q ; 2 – $q(8, 9)$; 3 – $q(3, 4)$

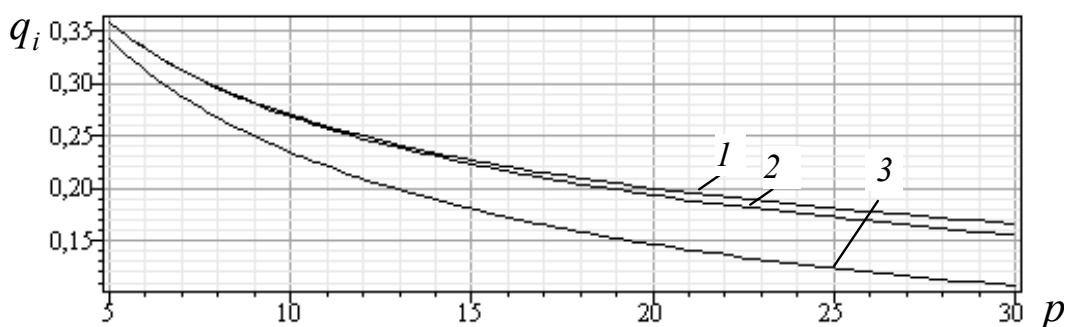


Рисунок 2 – Зависимость приведенной передаточной функции и ее аппроксимаций от переменной p для $5 \leq p \leq 30$: 1 – q ; 2 – $q(8, 9)$; 3 – $q(3, 4)$

Из этих рисунков следует, что зависимость $q(8, 9)$ является достаточно хорошей аппроксимацией функции q (при $p = 30$ погрешность несовпадения составляет около 9,0 %).

Выражение для $q(m, n)$ можно переписать следующим образом:

$$q(m, n) = \left[\sum_{i=0}^m a_i p^i \right] \left[\sum_{k=0}^n b_k p^k \right]^{-1} = \left[\sum_{i=0}^m a_i p^i \right] \left[b_n \prod_{k=1}^n (p - p_k) \right]^{-1} = \sum_{k=1}^n A_k (p - p_k)^{-1}, \quad (6)$$

где p_k – корни характеристического уравнения; A_k – параметры, значения которых определяются в соответствии с методом неопределенных коэффициентов [5].

В соответствии с этим методом параметры A_k есть решения уравнения

$$\sum_{k=1}^n A_k \prod_{\substack{l=1 \\ l \neq k}}^n (p - p_l) = \sum_{i=0}^m a_i p^i, \quad (7)$$

в котором учтено, что $b_n = 1, 0$.

Введем обозначение $-p_k^{-1} = \tau_k$, тогда выражение (6) можно переписать следующим образом:

$$q(m, n) = \sum_{k=1}^n A_k \tau_k (\tau_k p + 1)^{-1}, \quad (8)$$

где τ_k имеет смысл k -й постоянной времени.

В таблице 2 приведены значения $A_k \tau_k$ и τ_k для двух передаточных функций – $q(7, 8)$ и $q(8, 9)$.

Таблица 2 – Значения параметров передаточных функций

k	$n = 8$		$n = 9$	
	$A_k \tau_k$	τ_k	$A_k \tau_k$	τ_k
1	0,232	0,03	0,21	0,028
2	0,22	0,30	0,20	0,24
3	0,19	0,79	0,18	0,65
4	0,15	1,45	0,14	1,20
5	0,11	2,18	0,114	1,83
6	0,06	2,89	0,08	2,50
7	0,03	3,47	0,047	3,10
8	0,008	3,86	0,023	3,58
9	–	–	0,006	3,89

Из (8) следует, что амплитудно-фазовая частотная характеристика (АФЧХ) пожара класса В при его тушении распыленной водой будет описываться выражением

$$q(m, n, j\omega) = \sum_{k=1}^n A_k \tau_k (1 + j\omega \tau_k)^{-1} = P(m, n, \omega) + jQ(m, n, \omega), \quad (9)$$

где

$$P(m, n, \omega) = \sum_{k=1}^n A_k \tau_k (1 + (\omega \tau_k)^2)^{-1}; \quad (10)$$

$$Q(m, n, \omega) = -\sum_{k=1}^n A_k \omega \tau_k^2 (1 + (\omega \tau_k)^2)^{-1}, \quad (11)$$

где $\omega = v^{-2} a \Omega$; Ω – размерная круговая частота; a – коэффициент температуропроводности; j – мнимая единица.

Выражения (10) и (11) представляют собой вещественную частотную характеристику (ВЧХ) и мнимую частотную характеристику (МЧХ) пожара класса В, соответственно, при его тушении распыленной водой.

Амплитудная частотная характеристика (АЧХ) и фазовая частотная характеристика (ФЧХ) пожара класса В определяются, соответственно, выражениями:

$$A(m, n, \omega) = \left[P^2(m, n, \omega) + Q^2(m, n, \omega)^{0,5} \right]; \quad (12)$$

$$\varphi(m, n, \omega) = \arctan \left[Q(m, n, \omega) P^{-1}(m, n, \omega) \right]. \quad (13)$$

На рисунках 3–5 приведены графики для частотных характеристик АФЧХ, АЧХ и ФЧХ, соответственно, для $m = 7, 8$ и $n = 8, 9$.

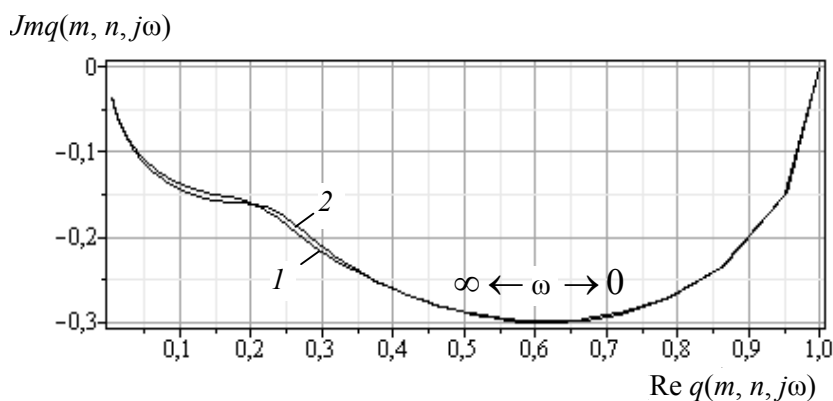


Рисунок 3 – АФЧХ пожара класса В: 1 – $q(9, 8, j\omega)$; 2 – $q(7, 8, j\omega)$

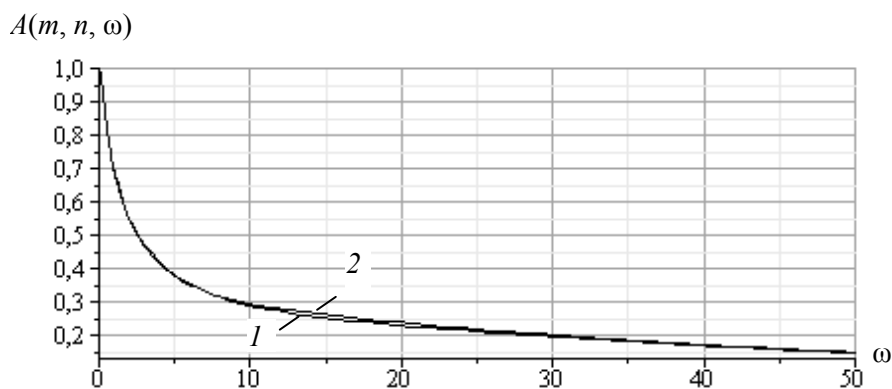


Рисунок 4 – АЧХ пожара класса В: 1 – $A(8, 9, \omega)$; 2 – $A(7, 8, \omega)$

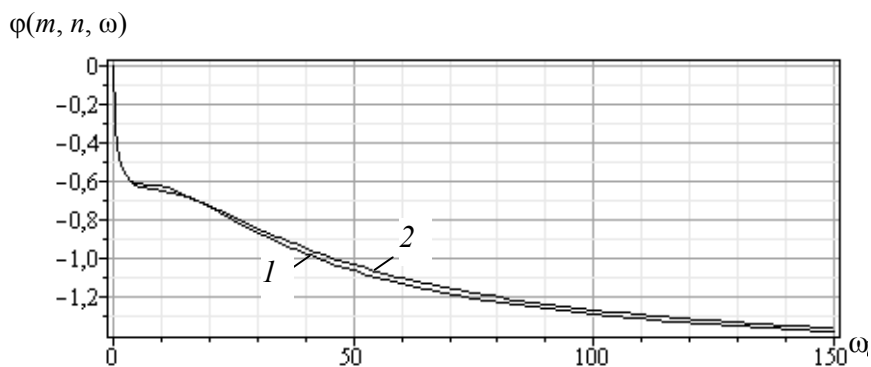


Рисунок 5 – ФЧХ пожара класса В: 1 – $\varphi(8, 9, \omega)$; 2 – $\varphi(7, 8, \omega)$

Степень рассогласования между частотными характеристиками с параметрами $m = 7, n = 8$ и $m = 8, n = 9$ характеризуется погрешностями, графики которых приведены, соответственно, на рисунках 6 и 7.

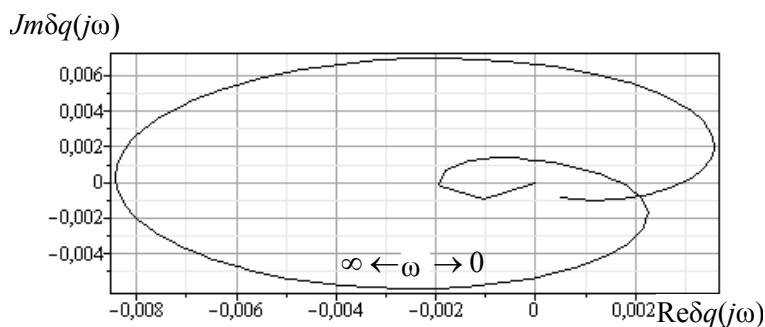


Рисунок 6 – Погрешность рассогласования $\delta q(\omega)$ для $\omega \leq 250$

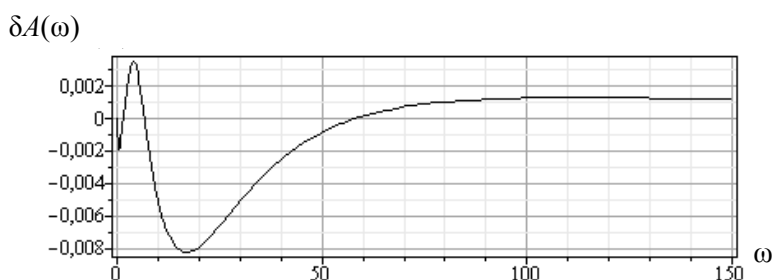


Рисунок 7 – Погрешность рассогласования $\delta A(\omega)$

Из анализа этих зависимостей следует, что погрешности рассогласования частотных характеристик для $m = 7, n = 8$ и $m = 8, n = 9$ не превышают 1,0 %.

Наличие частотных характеристик пожара класса В при его тушении распыленной водой открывает новые возможности для решения задач анализа и синтеза систем пожаротушения применительно к пожарам такого класса. Эти возможности связаны в первую очередь в связи с использованием традиционных методов теории автоматического управления, в терминах которой пожар класса В при его тушении распыленной водой рассматривается как объект управления системы пожаротушения [3].

В настоящее время одним из самых удобных и наглядных методов синтеза систем автоматического управления, к которым относятся и системы автоматического пожаротушения, является метод логарифмических амплитудно-частотных характеристик (ЛАЧХ) [6]. В основе этого метода лежит использование ЛАЧХ, в частности, объекта управления.

На рисунке 8 приведена ЛАЧХ пожара класса В при его тушении распыленной водой для случая Паде аппроксимации передаточной функции (3) с параметрами $m = 8, n = 9$. ЛАЧХ пожара определяется выражением

$$L(m, n, \omega) = 20 \lg A(m, n, \omega). \quad (14)$$

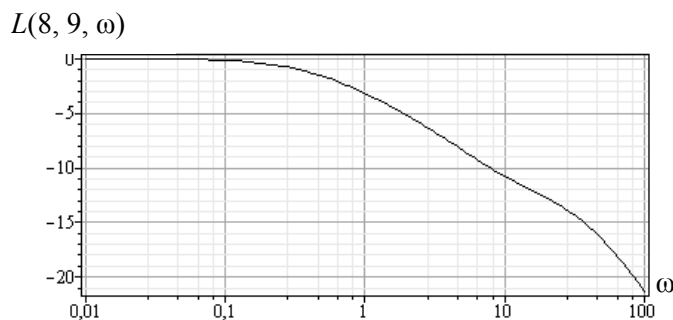


Рисунок 8 – Логарифмическая амплитудно-частотная характеристика $L(8, 9, \omega)$

Из этого графика следует, что ЛАЧХ пожара класса В при его тушении распыленной водой имеет наклон $-10^{\text{дБ}}/\text{дек}$ и частоту сопряжения ω_c , величина которой равна примерно 0,6.

Следует отметить, что выражения для частотных характеристик пожара получены в безразмерной форме, вследствие чего такие характеристики являются универсальными.

Заключение

Применительно к пожару класса В, тушение которого осуществляется распыленной водой, получены выражения для частотных характеристик. Эти характеристики получены с использованием Падэ аппроксимации передаточной функции пожара класса В при его тушении распыленной водой, представляющей иррациональную функцию комплексного аргумента. Показано, что такая Падэ аппроксимация представляет собой дробно-рациональную функцию с характеристическим полиномом.

Литература

- 1 Абрамов, Ю. А. Математическое описание процесса тушения пожара класса В распыленной водой / Ю. А. Абрамов, В. М. Гвоздь // Пожежна безпека: теорія і практика. – 2012. – № 12. – С. 4–8.
- 2 Абрамов, Ю. А. Математические модели пожара класса В при его тушении распыленной водой / Ю. А. Абрамов, В. М. Гвоздь // Чрезвычайн. ситуації: образование и наука. – 2013. – Т. 8, № 1. – С. 15–19.
- 3 Абрамов, Ю. А. Моделирование процессов тушения пожаров класса В распыленной водой / Ю. А. Абрамов, Е. А. Тищенко // Проблемы пожар. безопасности. – 2015. – Вып. 37. – С. 3–8.
- 4 Baker, G. Pade Approximants / G. Baker, P. Graves. – Morris. – London : AWP CO., 1981. – 496 p.
- 5 Корн, Г. Справочник по математике / Г. Корн, Т. Корн. – М. : Наука, 1968. – 720 с.
- 6 Абрамов, Ю. А. Основы пожарной автоматики / Ю. А. Абрамов. – Х. : ХВПТУ, 1993. – 288 с.

Поступила в редакцию 06.11.2015

Y. A. Abramov, E. A. Tischenko

THE FREQUENCY CHARACTERISTICS OF THE CLASS B FIRE WHEN IT IS BEING EXTINGUISHED BY WATER SPRAY

Expressions for the frequency characteristics of the class B fire when it's being extinguished by water spray are found. They are based on the using the Pade approximation of irrational functions of a complex argument.

УДК 504.064.37:613.6

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ ДИСТАНЦИОННОГО ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ИСТОЧНИКОВ ГОРЕНИЯ И САМОНАГРЕВАНИЯ НА ПОРОДНЫХ ОТВАЛАХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

В. К. КОСТЕНКО, доктор технических наук, профессор

В. Н. ПОКАЛЮК, кандидат педагогических наук

А. А. МАЙБОРОДА, кандидат педагогических наук

А. М. НУЯНЗИН, кандидат технических наук

Д. А. КОЗЫРЬ

*Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля
Национального университета гражданской защиты Украины*

Горящие породные отвалы ежегодно выделяют в атмосферу значительное количество загрязняющих веществ. Существующая методика проведения температурной съемки породных отвалов контактным способом имеет существенные недостатки: трудно точно определить количество, форму и площадь очагов тепловыделений; в очагах горения, из-за их недоступности, невозможно провести непосредственно измерения температуры. Целью работы является экспериментальное изучение влияния внешних факторов (расстояние съемки, скорость ветра и др.) на результаты температурного контроля теплового состояния породного отвала при применении дистанционных средств и способов измерений. Проведенные экспериментальные исследования качественно и с достаточной точностью количественно совпадают с результатами лабораторных исследований. Подтверждено, что необходимо учитывать влияние турбулентности воздуха в приземном слое атмосферы и влияние пропускания инфракрасного излучения. Экспериментально подтверждена и теоретически обоснована зависимость влияния внешних факторов от показателей тепловизионной съемки, которая позволяет разработать методику оценки теплового состояния породных отвалов с помощью дистанционных средств контроля.

Ключевые слова: породные отвалы, газообразование, самонагревание и самовоспламенение, дистанционные средства контроля температуры.

Введение

В Донецкой области за год образуется 3038 млн т отходов, при этом основная доля в общем объеме отходов приходится на отходы угольной промышленности. В настоящее время в Украине насчитывается более 1330 породных отвалов. Только в Донецкой области насчитывается более 600 породных отвалов, из них около 140 горящих. Горящие породные отвалы являются основным источником загрязнения окружающей среды [1], которые ежегодно выделяют в атмосферу около 300 000 т загрязняющих веществ. Наиболее склонны к самовозгоранию – конусные отвалы, содержащие около 80 % общего объема породы.

В целом процесс самоокисления зависит от ряда горно-геологических и горно-технических факторов. Самовозгорание способствует также газообразованию, которое сопровождается следующие основные процессы: газификацию и окисление горючих материалов, реакцию между газообразными компонентами, раскаленными

углями и породами [2]. Фронт горения на породном отвале может распространяться со скоростью до 1 м в сутки и более.

С целью выявления очагов самонагрева и своевременного принятия мер по предупреждению самовозгорания пород должен проводиться мониторинг теплового состояния отвалов (регулярная температурная съемка). Результаты измерений температуры используют для определения объема горящей массы, необходимого для разработки проектов тушения и установления объемов выбросов вредных веществ. Нормативным документом, которым регламентирован процесс контроля теплового состояния породных отвалов, является «Инструкция по предупреждению самовозгорания, тушению и разборке породных отвалов». Требования к средствам для выполнения температурной съемки в этом документе не оговорены [3]. В настоящее время температурная съемка чаще всего проводится с помощью контактных термометров и забитых в отвальную массу на глубины от 0,5 до 2,5 м термодатчиков. Процесс съемки трудоемкий, длительный, опасный и дорогой. Существующая методика проведения температурной съемки породных отвалов имеет следующие существенные недостатки: по регламентированным схемам расположения точек замеров на породных отвалах различной формы невозможно точно определить количество, форму и площадь очагов тепловыделений; часть очагов тепловыделения размерами менее 10 м, особенно без явных признаков горения, попадает между точками измерения температур и не фиксируется; в очагах горения, из-за их недоступности, невозможно провести измерения температуры контактным способом. Наиболее существенным недостатком контактного способа измерения температуры является невозможность его реализации в результате опасности и невозможности доступа к источникам горения и самонагрева.

Более перспективными методами контроля температуры являются дистанционные способы контроля температуры. Компьютерная термография позволяет обеспечить безопасные условия температурной съемки поверхности породных отвалов, повысить точность и достоверность полученных результатов, обеспечить необходимую периодичность контроля, снизить затраты на выполнение этих работ.

Для широкого применения дистанционных средств и способов температурного контроля в настоящее время отсутствуют законодательно утвержденные методики, которые позволяют учитывать условия съемки и влияние внешних факторов на результаты тепловизионной съемки. К основным внешним факторам относятся поглощение газов, составляющих атмосферу, ослабление излучения через рассеяние на частицах, присутствующих в атмосфере, и турбулентность. Наличие атмосферы между источником излучения и приемником обычно является причиной помех при дистанционных методах анализа. Энергия инфракрасного излучения ослабляется при прохождении через атмосферу [4]. Явления ослабления сильно затрудняют проведение измерений, внося систематическую ошибку, зависящую от длины волны распространяющегося излучения, используемого спектрального диапазона, дистанции наблюдения и метеорологических условий. Кроме того, контрасты в полях температур и скорости ветра вызывают турбулизацию атмосферы, значительно влияющую на результаты тепловизионной съемки [5].

Постановка задачи

Целью работы является экспериментальное изучение влияния внешних факторов, таких как расстояние съемки, форма источника нагрева, скорость ветра и других на результаты температурного контроля теплового состояния породного отвала при применении дистанционных средств и способов, что позволит выделить наиболее

лее значимые из них и разработать методику оценки теплового состояния породных отвалов с помощью дистанционных средств контроля.

Основная часть

Для исследования температурного состояния объекта и выявления зависимостей между внешними факторами (турбулентность воздуха и пропускание инфракрасного излучения атмосферой), дистанцией температурной съемки и показателями температурной съемки при дистанционном способе контроля температуры были проведены натурные исследования.

Экспериментальные исследования теплового состояния породных отвалов были проведены с помощью тепловизора *Fluke Ti-125* на породном отвале шахты Донецкой им. М. И. Калинина.

При подготовке к тепловизионной съемке породного отвала определялись коэффициенты излучения и отражения инфракрасного излучения. Для оценки влияния внешних факторов на результаты температурного контроля (турбулентность воздуха, пропускание инфракрасного излучения атмосферой) измерялась относительная влажность воздуха, температура окружающего воздуха и проводилось измерение скорости ветра. Также учитывался ракурс тепловизионной съемки [6].

Тепловизионная съемка породного отвала проводилась с хвостовой, лобной и торцевых сторон. В случае больших размеров породного отвала или наличия посторонних объектов, мешающих съемке, отвал снимался по частям. Дополнительно на породном отвале осматривались горизонтальные площадки, которые не попали в объектив тепловизора (рисунок 1). При анализе полученных данных тепловизионной съемки были выявлены участки с аномальной температурой.

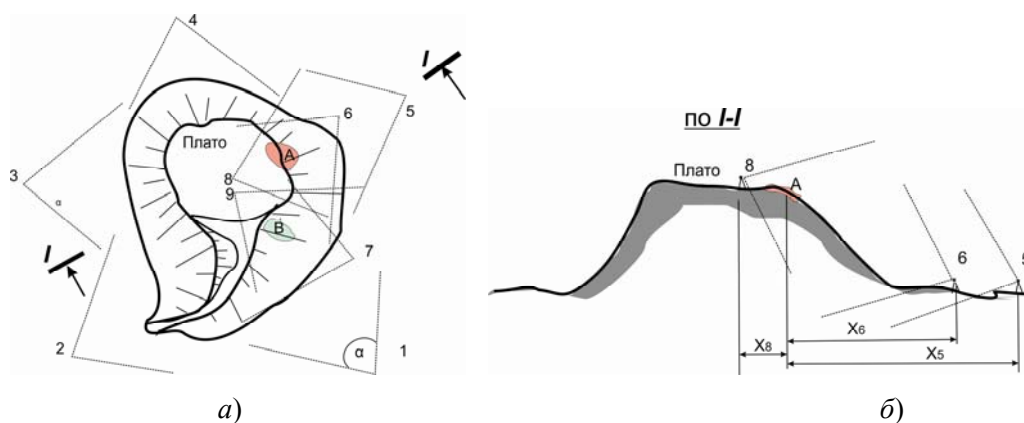


Рисунок 1 – План (а) и сечение (б) съемки поверхности породного отвала:
 $I-8$ – точки съемки и угол (α) обзора тепловизора; A, B – источники горения и самонагрева на поверхности отвальной массы;
 X_5, X_6, X_8 – расстояние от источника горения к точке съемки

При экспериментальных исследованиях теплового состояния породного отвала шахты им. М. И. Калинина обнаружены очаги самонагрева, находящиеся на северо-восточной стороне породного отвала (рисунок 2). Тепловизионная съемка ячейки самонагрева с температурой $66,9^\circ\text{C}$ проводилась с увеличением дистанции съемки от 1 до 21 м с шагом 3 м, а ячейки самонагрева с температурой $41,3^\circ\text{C}$ – с увеличением дистанции съемки от 3 до 18 м с шагом 3 м. На рисунке 2 представлены изотермы распределения температуры очагов самонагрева от 3 до $66,9^\circ\text{C}$.

Скорость воздуха при тепловизионной съемке ячейки самонагревания с температурой 66,9 °С составляла 8,6 м/с, при съемке ячейки самонагревания с температурой 41,3 °С – 8,9 м/с. Относительная влажность воздуха в обоих случаях составляла 80 %, температура +3 °С.

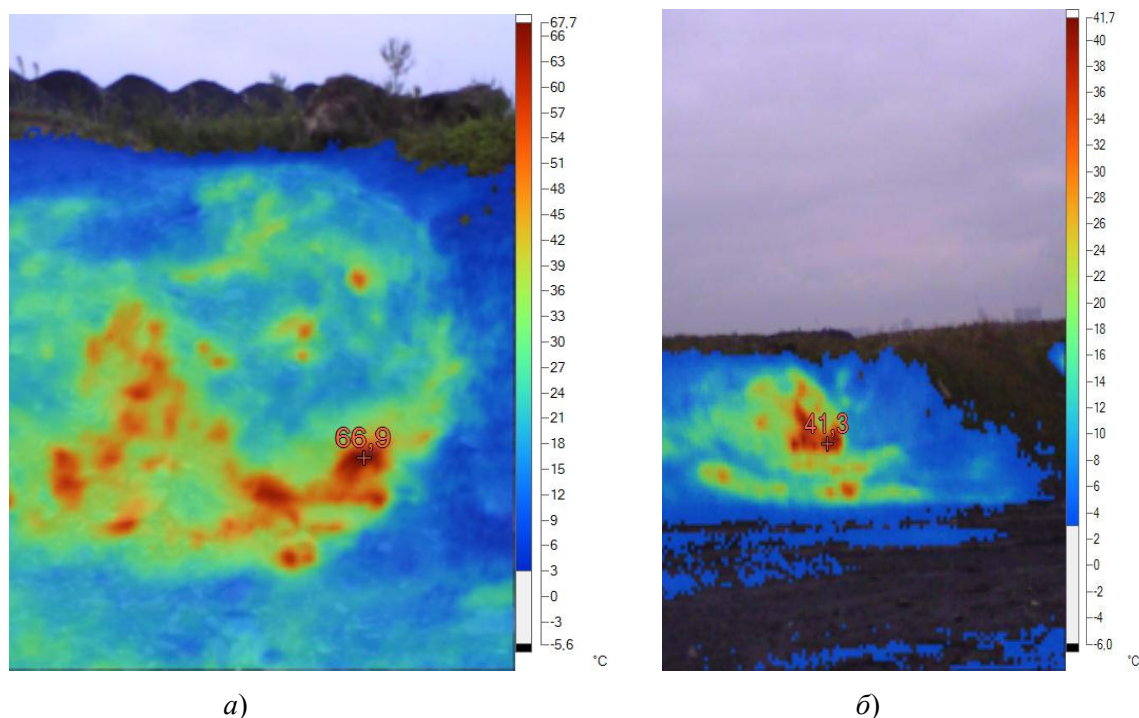


Рисунок 2 – Тепловизионная съемка очагов самонагревания с температурой 66,9 °С (а) и 41,3 °С (б) в северо-восточной части породного отвала шахты им. М. И. Калинина

Результаты тепловизионной съемки очагов самонагревания на разной дистанции приведены на рисунке 3.

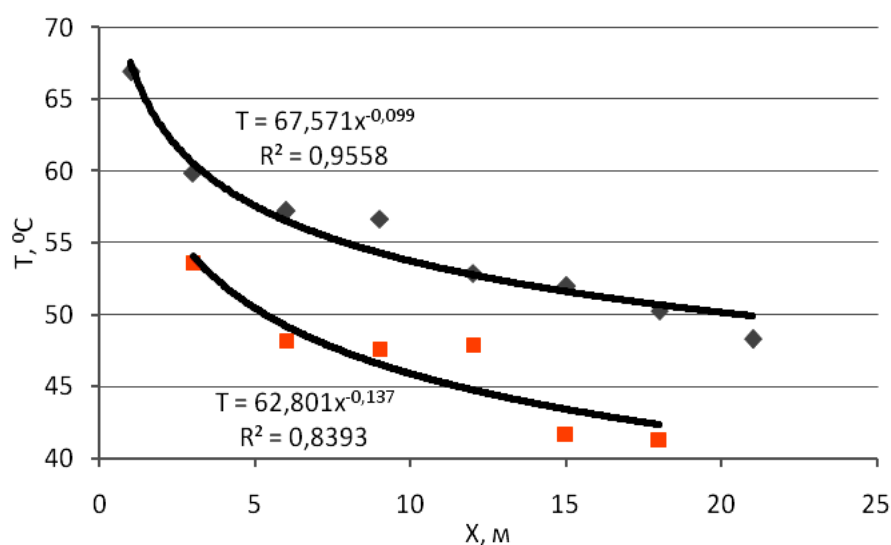


Рисунок 3 – Показания (T, °С) тепловизора при измерении температуры на дистанции (x, м) от источника самонагревания: результаты тепловизионной съемки очагов самонагревания с максимальной температурой поверхности, соответственно, 66,9 и 41,3 °С

Зависимость температуры от дистанции тепловизионной съемки очагов самонагревания (рисунок 3) описывается уравнениями $T = 67,571x^{-0,099}$ и $T = 62,801x^{-0,137}$ со следующими величинами достоверности аппроксимации: $R^2 = 0,8393$ и $R^2 = 0,9558$.

Основным внешним фактором влияния на результаты температурного контроля теплового состояния породного отвала при применении дистанционных средств контроля является турбулентность воздуха. Кроме того, уменьшение температуры обусловлено ослаблением инфракрасного излучения атмосферой, которое в основном зависит от явлений поглощения газами, составляющих атмосферу, и явления ослабления из-за рассеивания на частицах, присутствующих в атмосфере, молекулах или аэрозолях.

При анализе экспериментальных данных и зависимостей, влияющих на показатели тепловизионной съемки, была использована полученная теоретическим путем математическая модель, которая позволяет учесть влияние внешних факторов на параметры тепловизионной съемки при использовании дистанционных методов анализа температурного состояния [7].

Влияние внешних факторов на параметры тепловизионной съемки при использовании дистанционных методов анализа температурного состояния можно описать уравнением

$$T(x) = \frac{T(x+r) + \sqrt{2T(x+r)^2 - 4\left(T(x+r)^2 - C_t r^{\frac{2}{3}}\right)}}{F}, \quad (1)$$

где C_t – структурная постоянная пульсации температуры атмосферы; r – дистанция съемки, м; $T(x)$ – истинная температура объекта, °С; $T(x+r)$ – температура, полученная в результате тепловизионной съемки, °С; F – полный коэффициент пропускания атмосферы:

$$F = F_p \cdot F_{H_2O} \cdot F_{CO_2}, \quad (2)$$

где F_p – рассеяние на частицах; F_{H_2O} – поглощение инфракрасного излучения водяным паром; F_{CO_2} – поглощение инфракрасного излучения диоксидом углерода.

При анализе результатов тепловизионной съемки была введена величина ΔT , характеризующая влияние внешних факторов на величину инфракрасного излучения:

$$\Delta T = T(x)/T(x+n), \quad (3)$$

где $T(x)$ – истинная температура объекта, °С; $T(x+n)$ – температура, полученная в результате тепловизионной съемки, °С.

Расчет влияния внешних факторов на результаты тепловизионной съемки очагов самонагревания с температурами 66,9 и 41,3 °С при экспериментальных исследованиях был сравним с влиянием внешних факторов при лабораторных исследованиях (рисунок 4).

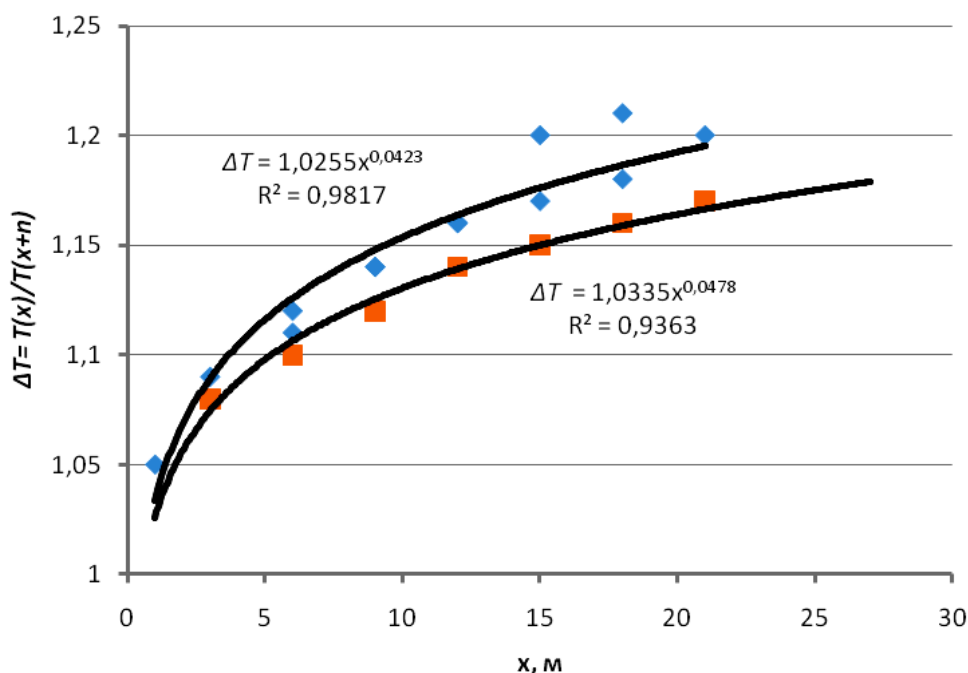


Рисунок 4 – Влияние внешних факторов (ΔT) в зависимости от дистанции (x) съемки: по результатам тепловизионной съемки в натуральных и лабораторных условиях, соответственно

Лабораторные исследования проводились в помещении по вышеприведенной методике исследований. Тепловизионная съемка объекта тепловыделения проводилась с увеличением дистанции съемки от 3 до 21 м с шагом 3 м, при скорости воздуха 1,4 м/с и относительной влажности 62 %.

Исходя из проведенных экспериментальных исследований и расчета влияния внешних факторов на инфракрасное излучение, можно сделать вывод, что величина влияния внешних факторов при увеличении дистанции тепловизионной съемки увеличивается по закону $\Delta T = 1,0255x^{0,0423}$, с величиной достоверности аппроксимации $R^2 = 0,9817$.

Величина влияния внешних факторов, полученная из лабораторных исследований, с увеличением дистанции съемки, увеличивается по закону $\Delta T = 1,0335x^{0,0478}$, с величиной достоверности аппроксимации $R^2 = 0,9363$.

Расхождение между лабораторными и натурными исследованиями не превышает 2 %, что дает возможность утверждать в достаточной степени о достоверности закономерностей, которые могут быть положены в основу методики измерения температуры источников самонагрева и горения.

Заключение

При анализе данных экспериментальных исследований установлено:

1 Проведенные экспериментальные исследования качественно и с достаточной точностью количественно совпадают с результатами лабораторных исследований. При увеличении дистанции тепловизионной съемки значение величины влияния внешних факторов увеличивается, а температура, которую регистрирует тепловизор, – уменьшается.

2 Анализ экспериментальных данных подтверждает верность положенных в основу методики разрабатывающих теоретических предпосылок о влиянии внешних факторов на параметры тепловизионной съемки. Подтверждено, что необходимо учитывать влияние турбулентности воздуха в приземном слое атмосферы и влияние пропускания инфракрасного излучения.

3 Теоретически обоснованы и экспериментально подтверждены зависимости величины влияния внешних факторов от дистанции тепловизионной съемки на показатели съемки, которые позволяют разработать методику оценки теплового состояния породных отвалов с помощью дистанционных средств контроля. Разработка этой методики позволит эффективно выявлять и ликвидировать самовозгорания отвальной массы на начальной стадии, уменьшить или полностью прекратить вредное воздействие породного отвала на окружающую среду путем тушения очагов горения (проекты их тушения разрабатываются по результатам тепловизионной съемки) с последующим выполнением комплекса мероприятий по предотвращению самовозгорания и поэтапном озеленении поверхности породного отвала.

Литература

- 1 Третьяков, С. В. Земля тревоги нашей. По материалам Доклада о состоянии окружающей природной среды в Донецкой области в 2009 году / С. В. Третьяков, Г. В. Аверин. – Донецк, 2010. – 114 с.
- 2 Зборщик, М. П. Горение пород угольных месторождений и их тушение / М. П. Зборщик, В. В. Осокин. – Донецк : ДонГТУ, 2000. – 180 с.
- 3 Інструкція із запобігання самозапалюванню, гасіння та розбирання породних відвалів, затверджена Держнаглядохоронпраці України : НПАОП 10.0-5.21-04 наказ № 236 від 26.10.2004 р.
- 4 Госсорг, Ж. Инфракрасная термография. Основы, техника, применение / Ж. Госсорг ; пер. с фр. Н. В. Васильченко – М. : Мир, 1988. – 416 с.
- 5 Татарский, В. И. Распространение волн в турбулентной атмосфере / В. И. Татарский. – М. : Наука, 1967. – 588 с.
- 6 Козырь, Д. А. Оценка влияния ракурса съемки на результаты тепловизионной съемки очагов горения на породных отвалах / Д. А. Козырь // Повховские научные чтения : тр. Второго междунар. науч.-практ. семинара ; под общ. ред. А. Б. Ступина. – Донецк : ДонНУ, 2012. – 335 с.
- 7 Козир, Д. О. Аналіз впливу зовнішніх факторів на результати температурного контролю теплового стану породних відвалів / Д. О. Козир // Проблеми екології : Загальнодержавний науково-технічний журнал. – 2013. – № 2 (32). – С. 69–75.

Поступила в редакцию 17.07.2015

V. K. Kostenko, V. N. Pokaluk, A. A. Mayboroda, A. M. Nuyanzin, D. A. Kozyr
JUSTIFICATION REMOTE SENSING TECHNIQUES IN SURFACE TEMPERATURE AND SELF-HEATING SOURCES BURNING WASTE HEAPS OF COAL MINES

Burning waste dumps emit into the atmosphere every year a large number of pollutants. The current methods of recording temperature waste dumps contact method has significant drawbacks – it is difficult to accurately determine the number, shape and area of the thermal lesions; burning in the cells, because of their inaccessibility, it is impossible to directly measuring temperature. The goal is the experimental study of the influence of external factors such as shooting distance, wind speed and so on the results of temperature

control thermal state of the dump in the application of distance learning tools and methods. Experimental study qualitatively and quantitatively with sufficient accuracy to coincide with the results of laboratory tests. Confirmed that it is necessary to consider the impact of air turbulence in the surface layer of the atmosphere and influence the transmission of infrared radiation. Experimentally confirmed yet theoretically grounded external factors depending on the performance thermal imaging surveys Worms allow to develop a methodology for evaluating the heat of dumps by remote controls.

УДК 614.843/083

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПЕРЕЧНОЙ ЖЕСТКОСТИ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ ДИАМЕТРОМ 51 ММ

А. Н. ЛАРИН, доктор технических наук, профессор
Г. О. ЧЕРНОБАЙ, кандидат технических наук, доцент
В. Б. КОХАНЕНКО, кандидат технических наук, доцент
С. Ю. НАЗАРЕНКО

Национальный университет гражданской защиты Украины, г. Харьков

Рассматривается определение поперечной жесткости материала пожарных рукавов типа «Т» с внутренним диаметром 51 мм.

Ключевые слова: рукав, напорный пожарный рукав, рабочее давление, испытания, жесткость.

Введение

Напорные пожарные рукава являются гибкими трубопроводами, которые используются для транспортировки на расстояние под давлением воды и водных растворов огнетушащих веществ, в частности, пенообразователей. Конструкция пожарных рукавов, их типоразмеры и характеристики, области применения, условия эксплуатации и методы испытаний приведены в соответствующих нормативных документах [1].

Результаты теоретических и экспериментальных исследований прочности силовых элементов напорных пожарных рукавов, а именно армирующего каркаса, который полностью воспринимает усилия, которые обусловлены наличием гидравлического воздействия внутреннего давления, приведены в [2–5].

Основная часть

При проведении предварительных теоретических и экспериментальных работ из расчета остаточного ресурса пожарных рукавов возникла необходимость определения их механических, в частности, упругих свойств в продольном и поперечном направлениях. Продольная жесткость рукавов в условиях статической нагрузки исследована достаточно подробно [6, 7]. Для проведения аналогичных работ по определению поперечной жесткости материала рукавов с внутренним диаметром $d = 51$ мм в условиях статической нагрузки была использована исследовательская установка ДМ-30 М.

Опытный образец (фрагмент) материала (рисунок 1), который был отделен от пожарного рукава типа «Т» диаметром $d = 51$ мм, имел длину $l = 65$ мм, ширину $b = 100$ мм и общую толщину $\delta = 1,5$ мм. Образец был закреплен на опытной машине и проведен цикл испытаний под нагрузкой.

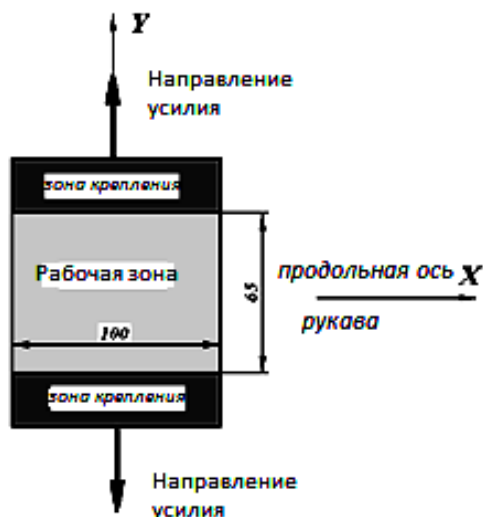


Рисунок 1 – Исследуемый образец пожарного рукава диаметром 51 мм

Нагрузка проводилась с постоянным шагом удлинения образца (0,5 мм), с фиксацией соответствующего усилия (кН). Максимальная величина деформации для всех режимов нагрузки была принята постоянной и составляла $\Delta l^{\max} = 3,5 \cdot 10^{-3}$ м.

Результаты испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты проведения испытаний

Деформация, мм	Нагрузки, кН			
	Режим 1	Режим 2	Режим 3	Режимы 4–6
0	0,000	–	–	–
0,5	0,240	–	–	–
1,0	0,528	0,000	–	–
1,5	0,888	0,360	0,000	–
2,0	1,152	0,912	0,240	0,000
2,5	1,416	1,104	0,600	0,296
3,0	1,656	1,488	1,008	0,688
3,5	1,800	1,752	1,440	1,056
4,0	–	1,968	1,728	1,456
4,5	–	2,160	2,016	1,760
5,0	–	–	2,210	2,088
5,5	–	–	–	2,350

Диаграммы, соответствующие результатам испытаний, приведены на рисунке 2:

- график 1 – соответствует начальному режиму нагрузки недеформированного фрагмента пожарного рукава;
- график 2 – режим повторного нагружения, проведенный через две минуты после первого;
- график 3 – режим третьего нагружения, проведенный через две минуты после второго;

– графики 4–6 соответствуют усредненным значениям следующих трех режимов нагружения, проведенных с аналогичными временными интервалами и практически не отличаются друг от друга по числовым параметрам.

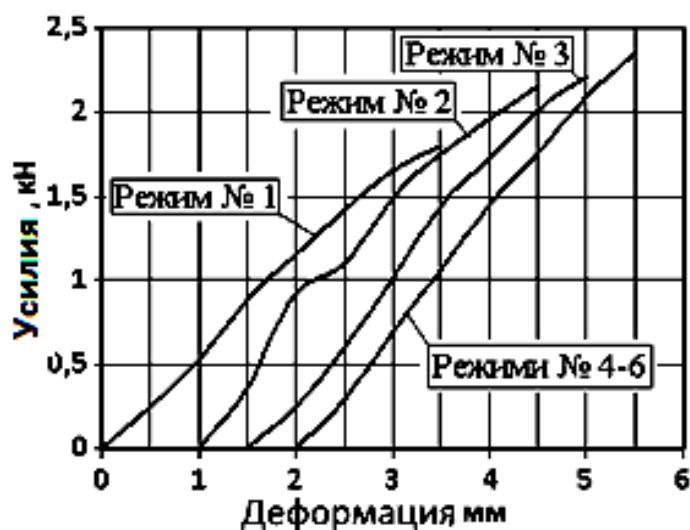


Рисунок 2 – Диаграммы нагрузок испытательного образца пожарного рукава внутренним диаметром 51 мм

Почти линейная зависимость между нагрузкой и деформацией фрагмента материала пожарного рукава позволяет определить его усредненную жесткость в поперечном направлении, которая составляет:

– режим 1:

$$C_1 = \frac{F_1^{\max}}{\Delta l^{\max}} = \frac{1,8}{3,5 \cdot 10^{-3}} = 514 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

– режим 2:

$$C_2 = \frac{F_2^{\max}}{\Delta l^{\max}} = \frac{2,16}{3,5 \cdot 10^{-3}} = 617 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

– режим 3:

$$C_3 = \frac{F_3^{\max}}{\Delta l^{\max}} = \frac{2,21}{3,5 \cdot 10^{-3}} = 631 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

– режимы 4–6:

$$C_{4-6} = \frac{F_{4-6}^{\max}}{\Delta l^{\max}} = \frac{2,35}{3,5 \cdot 10^{-3}} = 671 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

Для дальнейших исследований целесообразно определить модуль упругости (k^Y) материала пожарного рукава в поперечном направлении:

– режим 1:

$$k_1^Y = \frac{C_1 l}{b \delta} = \frac{514 \cdot 10^3 \cdot 65 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5 \cdot 10^{-3}} = 223 \cdot 10^6 \text{ Па} = 223 \text{ МПа};$$

– режим 2:

$$k_2^Y = \frac{C_2 l}{b \delta} = \frac{617 \cdot 10^3 \cdot 65 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5 \cdot 10^{-3}} = 268 \cdot 10^6 \text{ Па} = 268 \text{ МПа};$$

– режим 3:

$$k_3^Y = \frac{C_3 l}{b \delta} = \frac{631 \cdot 10^3 \cdot 65 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5 \cdot 10^{-3}} = 274 \cdot 10^6 \text{ Па} = 274 \text{ МПа};$$

– режимы 4–6:

$$k_{4-6}^Y = \frac{C_{4-6} l}{b \delta} = \frac{671 \cdot 10^3 \cdot 65 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5 \cdot 10^{-3}} = 291 \cdot 10^6 \text{ Па} = 291 \text{ МПа}.$$

Заключение

Для следующих теоретических и экспериментальных работ из расчета остаточного ресурса пожарных рукавов проведена серия экспериментов по определению поперечной жесткости материала пожарного рукава типа «Т» с внутренним диаметром 51 мм в условиях статической нагрузки при постоянной относительной деформации.

Результаты исследований позволили определить существенную зависимость упругости материала пожарного рукава от «истории» его нагрузки (таблица 2).

Таблица 2 – Сводная таблица результатов расчетов некоторых механических свойств пожарных рукавов

Характеристика	Обозначение	Режим № 1	Режим № 2	Режим № 3	Режимы № 4–6
Максимальная нагрузка	F_{\max} , кН	1,8	2,16	2,21	2,35
Максимальная деформация	Δl^{\max} , мм	3,5	3,5	3,5	3,5
Максимальная относительная деформация	ε^{\max} , %	5,4	5,4	5,4	5,4
Остаточная деформация	$\Delta l^{\text{зал}}$, мм	1	0,5	0,5	≈ 0
Модуль «поперечной» упругости	k^Y , МПа	223	268	274	291

При одинаковой максимальной деформации материала фрагмента пожарного рукава на первом, втором и третьем режимах испытаний модуль упругости в поперечном направлении увеличивался и только потом на 4–6 режимах стабилизировался на уровне $k^Y = 291$ МПа. Уменьшение остаточных деформаций и стабилизация упругих свойств приближают поведение материала пожарного рукава к упругому.

Литература

- 1 Пожежна техніка. Рукава пожежні напірні. Загальні технічні умови. ДСТУ 3810–98. [Чинний від 2005-05-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 1998. – XII, 32 с. – (Національний стандарт України).
- 2 Расчеты на прочность в машиностроении. Т. II / С. Д. Пономарев [и др.]. – М. : Машгиз, 1958. – 974 с.
- 3 Бидерман, В. Л. Механика тонкостенных конструкций / В. Л. Бидерман. – М. : Машиностроение, 1977. – 488 с.
- 4 Светлицкий, В. А. Механика трубопроводов и шлангов / В. А. Светлицкий. – М. : Машиностроение, 1982. – 280 с.
- 5 Моторин, Л. В. Математическая модель для прочностного расчета напорных пожарных рукавов при гидравлическом воздействии / Л. В. Моторин, О. С. Степанов, Е. В. Братолобова // Изв. вузов. Технология текстил. пром-сти. – 2010. – № 8. – С. 103–109.
- 6 Ларін, О. М. Визначення поздовжньої жорсткості пожежного рукава / О. М. Ларін, Г. О. Чернобай, С. Ю. Назаренко // Проблемы пожар. безопасности. – 2014. – Вып. 35. – С. 133–139.
- 7 Ларін, О. М. Визначення поздовжньої жорсткості пожежного рукава типу «Т» з внутрішнім діаметром 51 мм / О. М. Ларін, Г. О. Чернобай, С. Ю. Коханенко // Проблемы пожар. безопасности. – 2015. – Вып. 37. – С. 135–141.

Поступила в редакцию 07.10.2015

A. N. Larin, G. A. Chernobay, V. B. Kohanenko, S. Y. Nazarenko
DETERMINATION OF THE TRANSVERSE RIGIDITY OF A FIRE HOSE 51 MM DIAMETER

We consider the definition of the lateral stiffness of the material fire hoses «Т» type with an inner diameter of 51 mm.

УДК 614.8

СТОХАСТИЧЕСКИЕ БИФУРКАЦИИ СРЕДНЕОБЪЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ГАЗОВОЙ СРЕДЫ В ПОМЕЩЕНИИ ПРИ ПОЖАРЕ

Б. Б. ПОСПЕЛОВ, доктор технических наук, профессор

В. А. АНДРОНОВ, доктор технических наук, профессор

Национальный университет гражданской защиты Украины, г. Харьков

Представлены результаты стохастического бифуркационного анализа динамики среднеобъемной температуры в негерметичном помещении.

Ключевые слова: стохастическая бифуркация, среднеобъемная температура газовой среды, негерметичное помещение.

Постановка проблемы

В основе формирования эффективного комплекса противопожарных мероприятий на том или ином объекте лежат системные исследования процессов возникновения и развития загорания с учетом многообразия реальных случайных условий. Случайный характер условий зависит от множества внешних и внутренних факторов, которые могут существенно влиять на динамику опасных компонентов загораний в помещениях. Основным из опасных компонентов очага загорания принято считать температуру газовой среды в помещении. Нелинейный характер динамики среднеобъемной температуры газовой среды в помещении порождает проблему ее бифуркационного анализа с учетом случайных параметров очага загорания и развития пожара с целью принятия эффективных и адекватных решений по противопожарной защите различных типов помещений и объектов.

Анализ последних исследований и публикаций

Известна важная роль бифуркационного анализа в детерминированной нелинейной динамике. Он позволяет выявлять возможные сценарии перехода систем от простого к сложному поведению, анализировать структуру этих сложных состояний и разрабатывать методы управления ими. Возникает вопрос, как будут влиять случайные факторы на бифуркации и что собой представляют бифуркации среднеобъемной температуры газовой среды в помещении в присутствии случайных факторов. Этот вопрос является весьма важным по двум причинам: во-первых, случайные флуктуации всегда присутствуют в любой реальной термодинамической системе – возгорание в помещении и, во-вторых, вблизи бифуркации система особенно чувствительна к воздействию случайных флуктуаций, так как в бифуркационной точке нарушается структурная устойчивость системы [1].

Аналізу динаміки середньоб'ємної температури в приміщеннях на початковій стадії пожеги присвячено достаточне число публікацій. Найбільше повний їх перелік можна знайти в списках літератури навчального посібника Ю. А. Кошмарова і монографії Ф. І. Шаровара. Однак в них, як правило, постулюється стаціонарність умов возгорання очага і умов його горіння. В частині, в [2] аналізує-

ется динамика среднеобъемной температуры в помещении на начальной стадии пожара в предположении постоянной удельной массовой скорости выгорания материала. При этом в [3] отмечается, что величина удельной массовой скорости выгорания, например, для дизельного топлива в течение первых 300 с изменяется примерно вдвое. Отмечается, что результаты исследований, проводимых рядом авторов, свидетельствуют о нестационарном и случайном характере всех физико-химических процессов в начальной стадии пожара в помещении [3]. В последнее время актуальными становятся системные исследования динамики пожаров [4–6]. Системной классификации моделей динамики среднеобъемной температуры газовой среды в помещении посвящена работа [7]. В ней впервые предложено в качестве интегральной системной функции очага загорания в помещении рассматривать ресурс пожара. При этом реальные очаги загорания представляют собой нестационарные и случайные «генераторы» большого количества тепла. В настоящее время имеется достаточное число работ, посвященных исследованию стохастических бифуркаций – бифуркаций динамических систем в присутствии шума. Однако таких работ значительно меньше, чем по другим актуальным аспектам нелинейной динамики. Среди работ по данной проблематике прежде всего следует отметить монографию В. Хорстнемке и Р. Лефевра и книгу Л. Арнольда. При этом в описании стохастических бифуркаций применительно к конкретным системам остается много неясного. Например, исследование стохастических бифуркаций среднеобъемной температуры газовой среды в помещении при возникновении пожара в известной литературе отсутствует.

Целью настоящей работы является анализ стохастических бифуркаций среднеобъемной температуры газовой среды в помещении при возникновении пожара.

Постановка задачи и ее решение

Будем рассматривать возгорание в негерметичном помещении с малой проемностью, для которого процесс газообмена на ранней стадии пожара осуществляется преимущественно в одном направлении. Поступление воздуха в помещение из окружающей среды на этой стадии развития пожара отсутствует [4], а среднее значение давления газовой среды является неизменным и приближенно равным давлению наружного воздуха.

Развитие пожара в помещении может рассматриваться в виде некоторой нелинейной термодинамической системы, границы которой определяются внутренней поверхностью помещения, а ее системные параметры характеризуются соответствующими среднеобъемными значениями. При этом среднеобъемные температура, плотность и суммарная масса газа в помещении являются функциями времени t . Для заданных типов помещений обычно объем помещения $V = \text{const}$. В процессе возгорания расход массы газа, покидающего помещение через проемы и щели в момент времени t , определяется величиной $G(t)$. При этом твердые и жидкие горючие материалы переходят в газообразное состояние. Будем полагать, что массовая скорость выгорания горючего материала в момент времени t определяется $\Psi(t)$. Тогда уравнение материального баланса для начальной стадии пожара в негерметичном помещении запишется в виде

$$d\rho_m / dt = \Psi(t)/V - G(t)/V, \quad (1)$$

где $\rho_m(t)$ – среднеобъемная плотность газовой среды в помещении в момент времени t .

Аналогичные по форме уравнения материального баланса справедливы для кислорода, продуктов горения и оптического количества дыма в начальной стадии пожара [4].

В силу независимости этих уравнений, их решение и анализ может производиться раздельно при условии, что известны $\Psi(t)$ и $G(t)$.

В практике противопожарной защиты чаще вместо среднеобъемной плотности газовой среды в помещении используется ее среднеобъемная температура. С учетом (1) уравнение энергии пожара в помещении на начальной его стадии для текущего времени t будет определяться в виде

$$\Psi(t)Q_p\eta - c_p T(t)G(t) - Q_w(t) = 0, \quad (2)$$

где Q_p – теплота сгорания горючего материала, Дж/кг; η – коэффициент полноты сгорания горючего материала ($0 < \eta \leq 1$); c_p – теплоемкость газовой среды в помещении, Дж/(кг · К); $T(t)$ – среднеобъемная температура газовой среды в помещении; $Q_w(t)$ – тепловой поток в ограждающие конструкции и излучаемый через проемы и щели, Дж/с (Вт). Следуя (2), базовая системная модель динамики среднеобъемной температуры газовой среды в помещении на начальной стадии возгорания будет определяться уравнением

$$dT / dt = [\Psi(t)Q_p\eta - Q_w(t)]T(t) / Vc_p T_0\rho_0 - \Psi(t)T^2(t) / VT_0\rho_0, \quad (3)$$

где T_0, ρ_0 – температура и плотность газовой среды до начала возгорания.

В реальных условиях массовая скорость выгорания горючего материала $\Psi(t)$ является функцией времени и зависит от множества факторов Ψ_n , которые являются случайными. Тепловой поток $Q_w(t)$, поглощаемый ограждающими конструкциями и излучаемый через проемы и щели, в реальных условиях является функцией времени, текущего значения среднеобъемной температуры T_m газовой среды в помещении и ряда Q_n , а также ряда других случайных факторов очага, например, коэффициента полноты сгорания материала, его разновидности и однородности. Преобразуем (3) и представим его в виде

$$dT / dt = r\{T, \Psi_n, Q_n, t\}T(t) - b\{\Psi_n, t\}T^2(t). \quad (4)$$

В (4) функции $r\{T, \Psi_n, Q_n, t\} = [\Psi(\Psi_n, t)Q_n - Q_w(T, t)] / Vc_p T_0\rho_0$ и $b\{\Psi_n, t\} = \Psi(\Psi_n, t) / VT_0\rho_0$ характеризуют стохастические системные свойства очага загорания с учетом теплового поглощения ограждением. При этом (4) описывает класс стохастических нелинейных автономных систем, для которых динамика среднеобъемной температуры газовой среды в начальной стадии пожара управляется самой среднеобъемной температурой. Качественная оценка стохастической динамики среднеобъемной температуры пожара, следуя (4), может быть произведена на основе анализа фазовых портретов [6]. При этом функция $b\{\Psi_n, t\} = \Psi(\Psi_n, t) / VT_0\rho_0$ описывает стохастические свойства относительной массовой скорости выгорания материала.

В детерминированном случае бифуркация среднеобъемной температуры будет описываться уравнением (4), в котором $\Psi_n = \Psi_0$, $Q_w(t) / Vc_p T_0\rho_0 = r_2$ и $Q_n = Q_p\eta$ представляют собой фиксированные неслучайные величины. Управляемым параметром в (3) является $\alpha = (\Psi_0 Q_n / Vc_p T_0\rho_0) - r_2$. При $\alpha < 0$ имеется устойчивая точка равновесия $T_1 = 0$. При $\alpha = 0$ происходит бифуркация, в результате которой при $\alpha > 0$ равновесие в нуле становится неустойчивым и образуется новая устойчивая точка равновесия $T_2 = \alpha / b\{\Psi_0\}$, определяемая ресурсом Res пожара для заданного очага загорания и помещения.

Совокупность случайных факторов, имеющих место при возгорании и пожаре, могут рассматриваться в виде соответствующих аддитивных и мультипликативных флуктуаций в правой части (3) и (4). В этом случае бифуркации среднеобъемной температуры газовой среды следует рассматривать в присутствии указанных флуктуаций.

Рассмотрим отдельно случаи аддитивных и мультипликативных флуктуаций.

В случае аддитивных флуктуаций бифуркация будет описываться следующим стохастическим уравнением:

$$dT / dt = [\Psi_0 Q_p \eta / V c_p T_0 \rho_0 - r_2] T - \Psi_0 T^2 / V T_0 \rho_0 + \sqrt{2D} n(t), \quad (5)$$

где $n(t)$ – случайный процесс в виде нормированного белого гауссова шума, описывающего нормированные флуктуации; D – константа, задающая интенсивность флуктуаций среднеобъемной температуры газовой среды. Для (5) единственным инвариантным множеством траекторий является все пространство состояний (среднеобъемной температуры). На нем задана стационарная плотность вероятности $P(T)$, которая является стационарным решением соответствующего уравнения Фоккера–Планка–Колмогорова (ФПК). Коэффициенты сноса и диффузии среднеобъемной температуры газовой среды, определяемой (5), есть

$$K_1(T) = [\Psi_0 Q_p \eta / V c_p T_0 \rho_0 - r_2] T - \Psi_0 T^2 / V T_0 \rho_0, \quad K_2(T) = D.$$

В этом случае стационарное решение уравнения ФПК:

$$P_1(T) = \frac{C}{D} \exp \left\{ \frac{T^2}{D} \left((\Psi_0 Q_p \eta) / V c_p T_0 \rho_0 - r_2 - \frac{2}{3} \Psi_0 T / V T_0 \rho_0 \right) \right\},$$

где C – нормировочная константа. Изменение формы распределения $P(T)$ с изменением α при 10 % уровне флуктуаций ($D = 0,00005$) для интервала нормировки температур (0–400 К) при вычислении нормировочной константы C показано на рисунке 1. Для сравнения здесь показана температура T_{cp} срабатывания теплового пожарного извещателя и начальное значение температуры T_0 газовой среды в помещении.

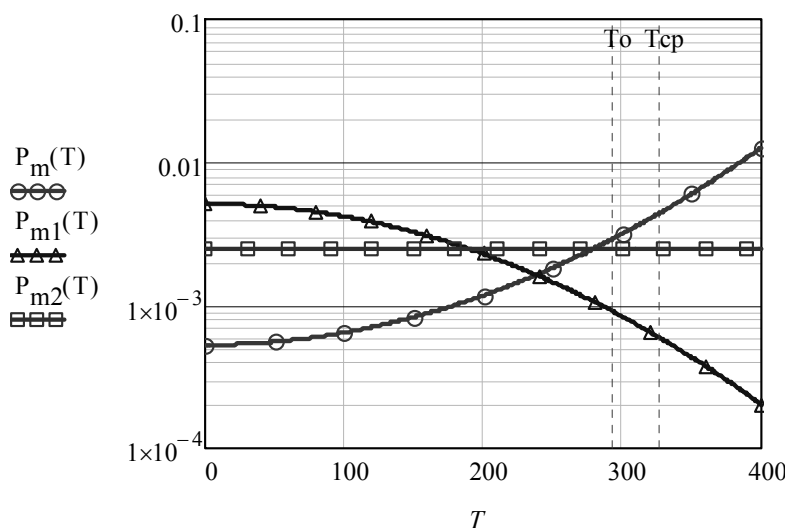


Рисунок 1 – Плотности вероятности $P_m(T)$, $P_{m1}(T)$ и $P_{m2}(T)$ соответствуют значениям параметра $\alpha = 0,002$, $\alpha = -0,002$ и $\alpha = 0$

Если величина параметра $\alpha < 0$, то имеется единственный максимум распределения в точке $T_1 = 0$. В случае $\alpha = 0$ происходит бифуркация: появляется максимум

в точке $T_2 = \alpha / b \{ \Psi_0 \} = \text{Res}$, а точка $T_1 = 0$ становится точкой минимума. Для иллюстрации этого факта на рисунке 2 показано распределение для интервала нормировки температур (0–1500 К) при различных уровнях флуктуаций. Максимум плотности вероятности среднеобъемной температуры газовой среды соответствует ресурсу пожара для рассматриваемых параметров пожара, равного $\text{Res} = 900 \text{ K}$. Он в точности совпадает с точкой равновесия среднеобъемной температуры газовой среды в помещении без случайных флуктуаций, причем минимум соответствует неустойчивому равновесию, а максимум – устойчивому. Наличие аддитивных флуктуаций приводит лишь к расширению плотности вероятности – увеличению дисперсии флуктуаций среднеобъемной температуры газовой среды в помещении.

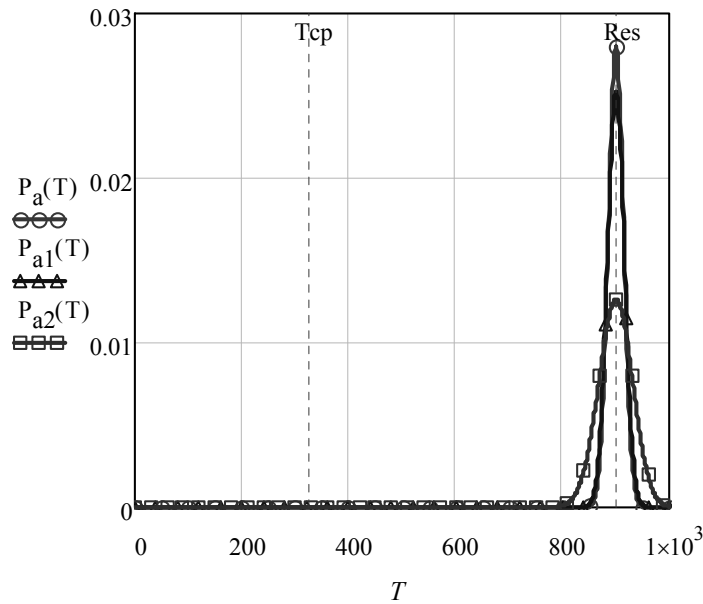


Рисунок 2 – Плотности вероятности $P_a(T)$, $P_{a1}(T)$ и $P_{a2}(T)$ соответствуют различным уровням флуктуаций $a < a1 < a2$

В случае мультипликативных флуктуаций, обусловленных, например, флуктуациями скорости выгорания горючего материала, бифуркация будет описываться следующим стохастическим уравнением:

$$dT / dt = \left[\frac{\Psi_0 Q_p \eta}{V c_p T_0 \rho_0} - r \right] T - \Psi_0 \frac{T^2}{V T_0 \rho_0} + \sqrt{2D} \left[\frac{Q_p \eta}{V c_p T_0 \rho_0} T - \frac{T^2}{V T_0 \rho_0} \right] n(t). \quad (6)$$

Пусть $m = Q_p \eta / V c_p T_0 \rho_0$ и $k = 1 / V T_0 \rho_0$. Тогда коэффициенты сноса и диффузии среднеобъемной температуры газовой среды, определяемой (6), будут определяться в виде:

$$K_1(T) = \left[\Psi_0 m - r \right] T - \Psi_0 k T^2 - \frac{D(m - 2kT)(T^2 k - Tm)}{2},$$

$$K_2(T) = D(T^2 k - Tm)^2.$$

В этом случае стационарное решение уравнения ФПК:

$$P_2(T) = \frac{C_1 T^{\frac{2\Psi_0}{mD} - \frac{2r2}{m^2D} - 1}}{Dk \frac{2r2 - 2m\Psi_0 + 1}{m^2D}} \exp\left\{\frac{2r2}{mD(Tk - m)}\right\} (Tk - m)^{\frac{2r2 - 2m\Psi_0 - 1}{m^2D}}, \quad (7)$$

где C_1 – нормировочная константа. В случае мультипликативных флуктуаций стационарная плотность распределения (7) оказывается более сложной. Она определяется тремя сомножителями, два из которых являются степенными функциями температуры, которые обладают существенным разнообразием графических зависимостей. В качестве примера на рисунке 3 показан вид ненормированных распределений среднеобъемной температуры газовой среды (7) для значений параметра $\alpha = \Psi_0 m - r2$ вблизи бифуркации, равных 0,0014, 0,0009 и 0,0006 (графики $P_\alpha(T)$, $P_{\alpha1}(T)$ и $P_{\alpha2}(T)$, соответственно) при средней массовой скорости выгорания материала $\Psi_0 = 0,001$ в течение начального интервала возгорания и 10%-м уровне флуктуаций скорости выгорания.

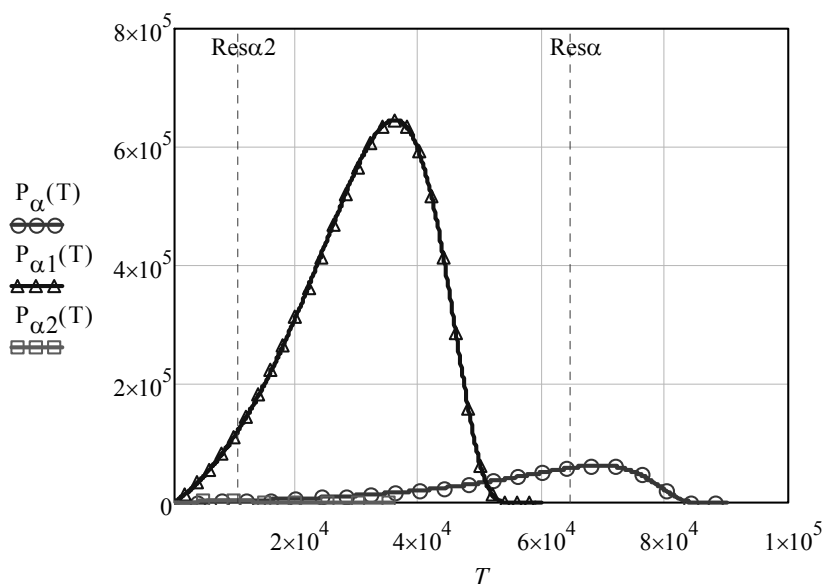


Рисунок 3 – Ненормированные плотности вероятности среднеобъемной температуры в случае флуктуаций скорости выгорания горючего материала

На рисунках 4 и 5 показаны аналогичные распределения в случае 20 и 30 % флуктуаций скорости выгорания горючего материала. Из анализа распределений среднеобъемной температуры на рисунках 3–5 следует, что уровень флуктуаций является управляющим параметром бифуркаций. Поэтому мультипликативные флуктуации, имеющие место при реальных загораниях в помещении, являются причиной появления так называемых динамических бифуркаций, меняющих статистический характер траекторий в зависимости от уровня флуктуаций. При этом указанные бифуркации приводят к смещению максимума стационарного распределения в сторону увеличения среднеобъемной температуры относительно ресурса пожара.

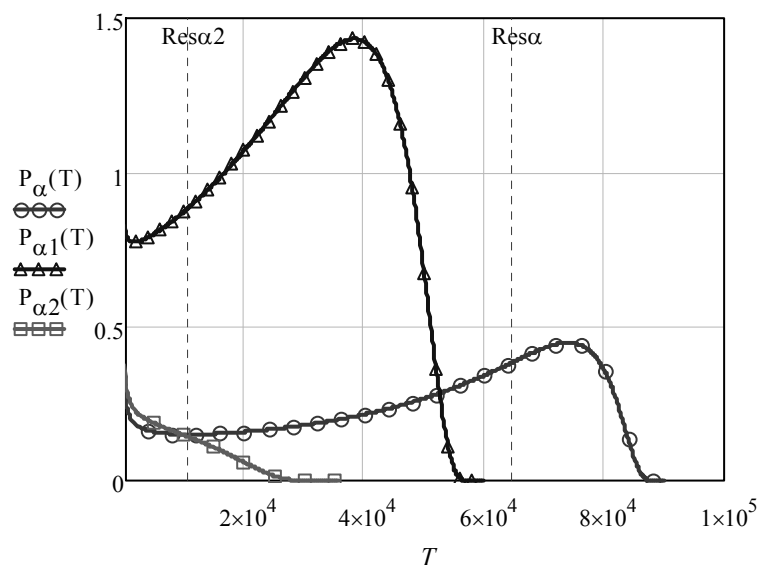


Рисунок 4 – Ненормированные плотности вероятности среднеобъемной температуры в случае 20 % флуктуаций скорости выгорания горючего материала

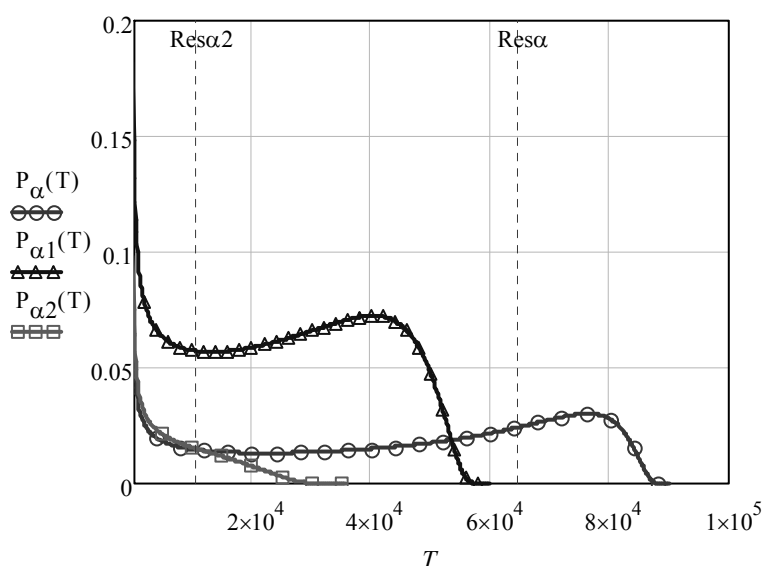


Рисунок 5 – Ненормированные плотности вероятности среднеобъемной температуры в случае 30 % флуктуаций скорости выгорания горючего материала

Наличие флуктуаций скорости выгорания приводит к появлению дополнительного слагаемого в коэффициенте сноса, ограничивающего нарастание среднего значения среднеобъемной температуры газовой среды помещения и определяемого величиной $\frac{D(m - 2kT)(T^2k - Tm)}{2}$, зависящей от параметров пожарной нагрузки, помещения, текущей температуры и уровня флуктуаций. При этом коэффициент диффузии, в отличие от аддитивных флуктуаций, оказывается зависящим от уровня флуктуаций, параметров пожарной нагрузки, температуры и параметров стесненности развития пожара.

Для рассматриваемого типа мультипликативных флуктуаций параметр бифуркации $\alpha_p = 0,5 m^2 D$. В случае $\alpha > \alpha_p$ наблюдается монотонный рост плотности

вероятности до величины температуры, определяемой ресурсом пожара, а затем резкое снижение до нулевого уровня. Если $\alpha < \alpha_p$, происходит качественная перестройка плотности вероятности – вначале наблюдается резкое ее убывание, а затем некоторый рост с последующим резким убыванием, стремящимся к нулю. При этом характер изменения плотности вероятности существенно зависит от уровня рассматриваемых флуктуаций, параметров горючего материала, свойств ограждения и геометрических характеристик помещения.

Заключение

Таким образом, впервые исследованы стохастические бифуркации среднеобъемной температуры газовой среды в помещении. Получены выражения для коэффициентов сноса и диффузии среднеобъемной температуры в случае аддитивных и мультипликативных флуктуаций условий возгорания. Приведены выражения для стационарных решений соответствующих уравнений ФПК, определяющие стационарные плотности распределения вероятности для среднеобъемной температуры. Установлено, что в случае аддитивных флуктуаций условия бифуркации совпадают с детерминированным случаем. При этом аддитивные флуктуации проявляются в виде соответствующей диффузии среднеобъемной температуры газовой среды в помещении относительно ресурса пожара. В случае мультипликативных флуктуаций плотность распределения имеет сложный характер, определяемый соответствующими степенными функциями и их параметрами, зависящими от пожароопасных характеристик материала и помещения. Точки бифуркации при этом оказываются случайными и смещенными относительно экстремумов соответствующих распределений. Установлено, что при рассмотренных мультипликативных флуктуациях стохастические бифуркации проявляются в перестройке стационарного распределения среднеобъемной температуры газовой среды в помещении, которая зависит от множества факторов, определяющих реальный процесс возгорания в помещении. Полученные соотношения позволяют проанализировать влияние конкретных факторов на стохастические бифуркации среднеобъемной температуры газовой среды в помещении, чтобы получить более глубокое представление о возникновении реальных пожаров в помещениях.

Литература

- 1 Андронов, А. А. Теория колебаний / А. А. Андронов, А. А. Витт, С. Э. Хайкин. – М. : Наука, 1987.
- 2 Кошмаров, Ю. А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении / Ю. А. Кошмаров. – М. : АГПС МВД России, 2000. – 118 с.
- 3 Башкирцев, М. П. Исследование температурного режима при горении жидкостей в помещении : дис. ... канд. техн. наук / М. П. Башкирцев. – М. : МИСИ им. В. Куйбышева, 1967. – 226 с.
- 4 Моторыгин, Ю. Д. Системный анализ моделей описания процессов возникновения и развития пожара : дис. ... д-ра техн. наук / Ю. Д. Моторыгин. – СПб. : Санкт-Петербург. ун-т гос. противопожар. службы МЧС России, 2011. – 247 с.
- 5 Моторыгин, Ю. Д. Математическое моделирование процессов возникновения и развития пожаров : монография / Ю. Д. Моторыгин ; под общ. ред. В. С. Артамонова. – СПб. : Санкт-Петербург. ун-т гос. противопожар. службы МЧС России, 2011. – 248 с.
- 6 Поспелов, Б. Б. Системный анализ моделей возникновения пожара в негерметичном помещении / Б. Б. Поспелов, Р. И. Шевченко, А. Н. Коленов // Проблемы пожар. безопасности. – 2013. – Вып. 34. – С. 140–149.

7 Пospelov, Б. Б. Системная классификация моделей динамики среднеобъемной температуры пожара в помещении / Б. Б. Пospelov, В. А. Андронов // Проблемы пожар. безопасности. – 2015. – Вып. 37. – С. 178–185.

Поступила в редакцию 14.01.2016

B. B. Pospelov, V. A. Andronov

**STOCHASTIC BIFURCATION VOLUME AVERAGE TEMPERATURE
OF THE GAS ENVIRONMENT AT THE FIRE**

The results of the stochastic bifurcation analysis of dynamics of the medium-volume temperature in the not tight room are presented in the article.

УДК 537.528

УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ОПТИМАЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВЗРЫВА ПРОВОДНИКОВ РАЗЛИЧНОГО ТИПА В ВОДЕ

В. В. ТАРКОВСКИЙ¹, кандидат физико-математических наук

П. Н. СТАХЕЙКО¹

А. В. ЛЕВАНОВИЧ², магистр технических наук

Э. И. САКОВИЧ²

С. М. ФИЛИПОВИЧ²

А. С. БАЛЫКИН¹

¹Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», Республика Беларусь

²Научно-практический центр учреждения «Гродненское областное управление МЧС», Республика Беларусь

Представлены результаты исследования по реализации оптимальных условий взрыва проводников различного типа в воде. Показано, что для всего многообразия оптимальных режимов взрыва проводников в воде для каждого из металлов удельная энергия, введенная в проводник, не зависит ни от размеров проводника, ни от параметров контура, а является константой свойств материала проводника.

Ключевые слова: электрический тепловой взрыв, разрядный контур, конденсаторная батарея, проводник, емкость, численное моделирование.

Введение

Электрогидравлические технологии, которые находят все более широкое применение в различных отраслях реального сектора экономики, очень часто реализуются посредством электрического теплового взрыва тонкого проводника в воде [1]. Очень важным представляется определение оптимальных условий электрического взрыва тонкого проводника в жидкости. Этот процесс очень важен для конструирования электроразрядных устройств, применяемых для раскалывания объектов из бетона и горных пород при проведении аварийно-спасательных работ. В данной работе рассматривается эмпирическая модель описания взрыва проводников различного типа в воде.

Результаты и их обсуждение

Условия реализации оптимального взрыва проводников из алюминия и меди в воде получены эмпирическим путем для известных энергетических параметров разрядного контура – емкости конденсаторной батареи C , индуктивности разрядного контура L и напряжения на конденсаторной батарее U_0 задаются соотношениями из оптимальных параметров проводника [2]:

$$d_{\text{опт}} = \left[\frac{W_0}{h^* \sqrt{\frac{L}{C}}} \right]^{\frac{1}{4}}. \quad (1)$$

$$l_{\text{опт}} = 2 \cdot 10^{-3} U_0 \sqrt[4]{LC}. \quad (2)$$

Здесь $d_{\text{опт}}$ и $l_{\text{опт}}$ оптимальные диаметр и длина проводника; W_0 – энергия, запасенная в конденсаторной батарее; h^* – константа материала проводника с размерностью удельного действия, равная:

$$h^* = \rho_{\text{п}} \delta_{\text{пр}} (\lambda_{\text{пр}} + \gamma_{\text{пр}}),$$

где $\rho_{\text{п}}$ – плотность проводника; $\delta_{\text{пр}}$ – удельная электропроводность; $\lambda_{\text{пр}}$ – удельная теплота плавления; $\gamma_{\text{пр}}$ – удельная теплота парообразования проводника.

По данным соотношениям (1), (2) было проведено численное моделирование оптимальных параметров проводника для ряда элементов (Al, Fe, Au, Mg, Cu, Ni, Sn, Ag, W) при $U_0 = 5000$ В, $L = 0,00000326$ Гн и C от 0,0001 до 0,0005 Ф с шагом 0,00002 Ф. Полученные данные представлены на рисунке 1.

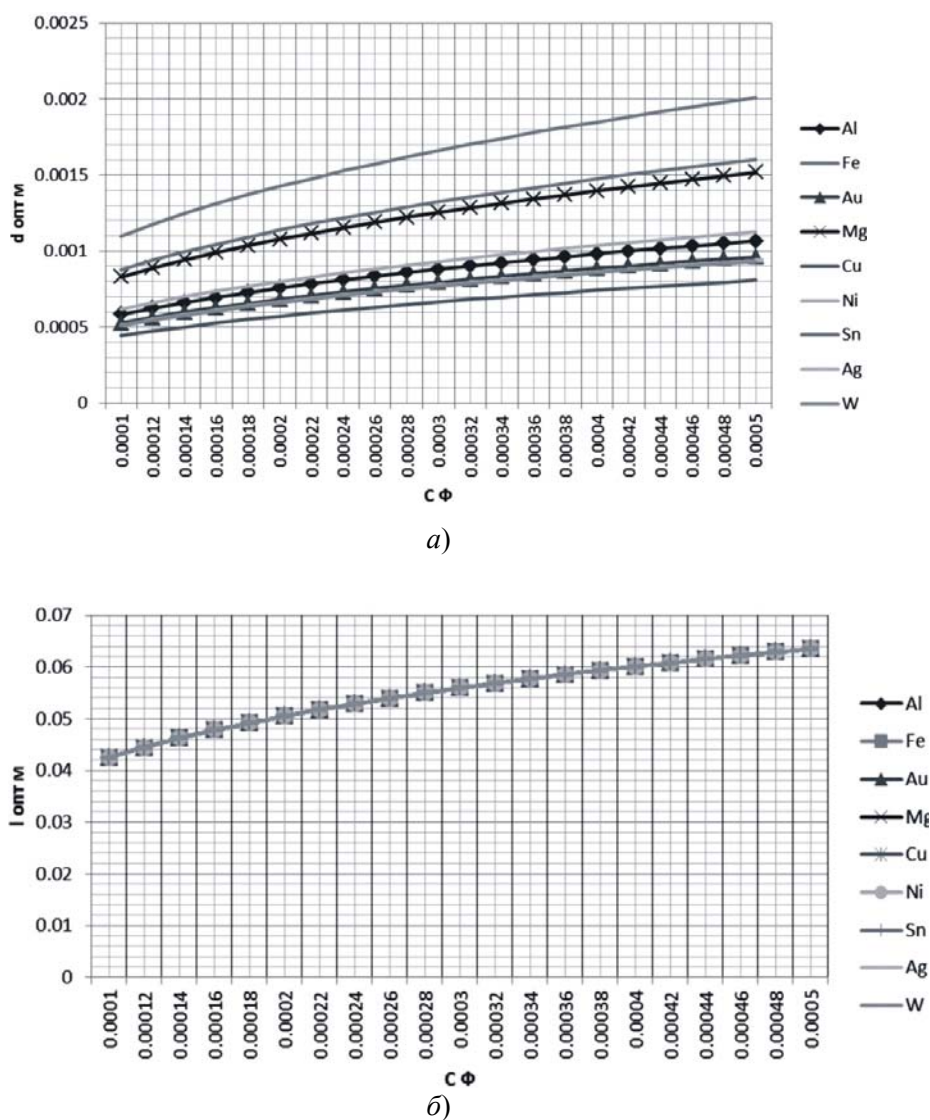


Рисунок 1 – Зависимость оптимальных величин диаметра проводника (а) и длины проводника (б) от заряда конденсаторной батареи

Также было проведено численное моделирование оптимальных параметров проводника для Al и Fe при $U_0 = 5000\text{--}15000$ В с шагом 2500 В, $L = 0,00000326$ Гн и C от 0,0001 до 0,0005 Ф с шагом 0,00002 Ф. Полученные данные представлены на рисунках 2 и 3.

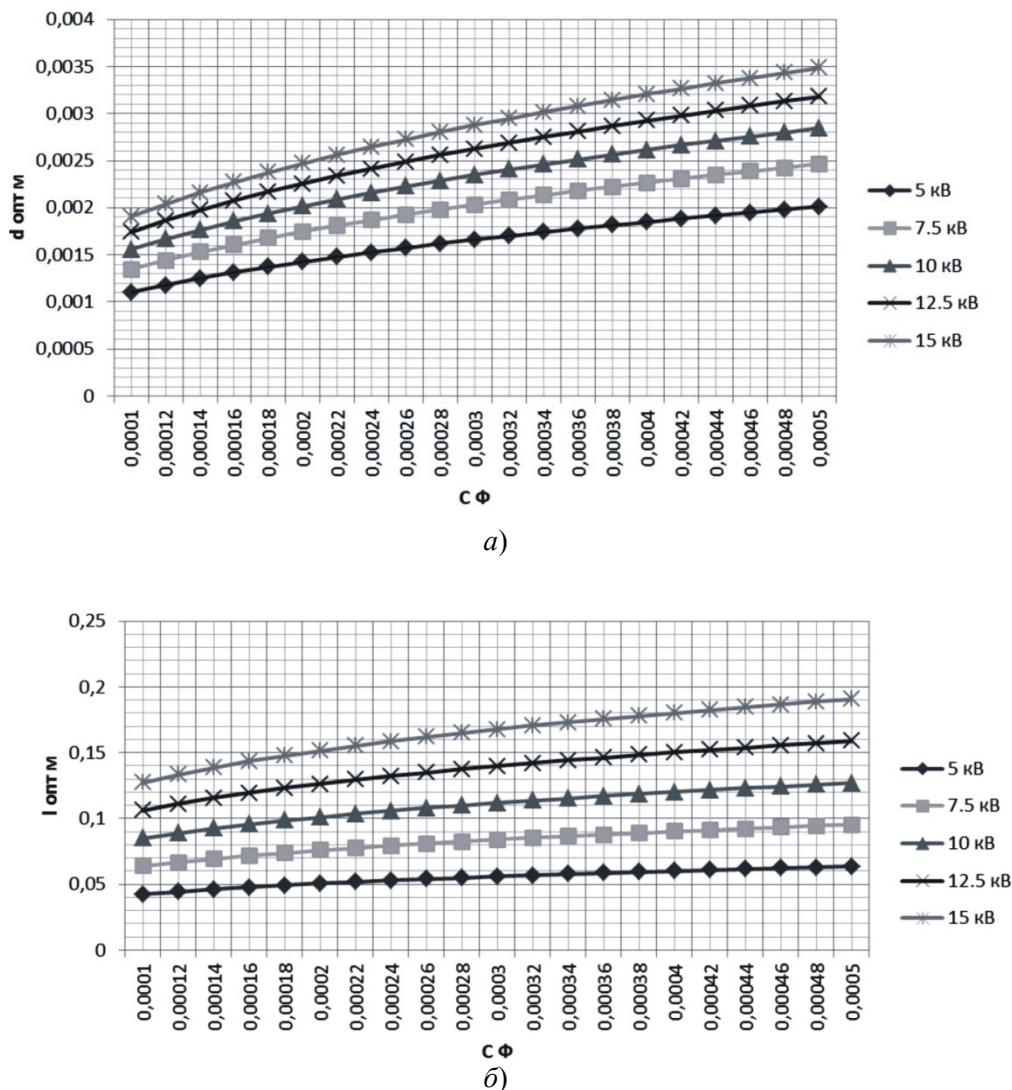
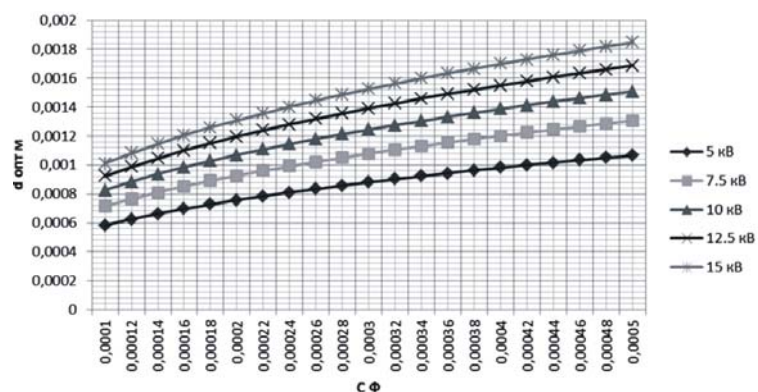
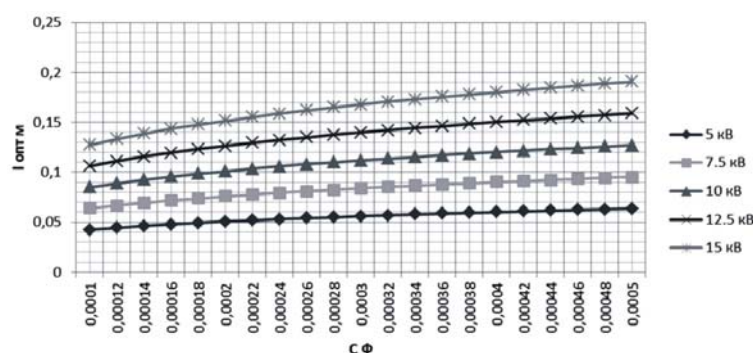


Рисунок 2 – Зависимость оптимальных величин диаметра проводника (а) и длины проводника (б) от заряда конденсаторной батареи для железа при различных U_0 и C

Зависимости показывают, что оптимальная длина проводника является функцией, зависящей только от параметров разрядного контура, и одинакова для различных проводников. Оптимальный диаметр проводника напротив варьируется благодаря наличию в (1) константы, учитывающей параметры материала. Так, минимальный диаметр будет у меди (0,004–0,008 м). Следом идут вольфрам (0,005–0,009), золото (0,005–0,009) и серебро (0,005–0,009). Наибольший оптимальный диаметр имеют олово (0,008–0,0016) и железо (0,011–0,002).



а)



б)

Рисунок 3 – Зависимость оптимальных величин диаметра проводника (а) и длины проводника (б) от заряда конденсаторной батареи для алюминия при различных U_0 и C

Зная $d_{\text{опт}}$ и $l_{\text{опт}}$ для определения объема проводника и данных из работы [3], можно найти удельную энергию, введенную в проводник:

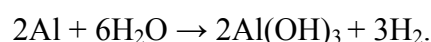
$$w_{\text{опт}} = \left(\frac{W_0}{m} \right)_{\text{опт}} = \left[\frac{\delta_{\text{пр}} (\lambda_{\text{пр}} + \gamma_{\text{пр}})}{8\pi^2 \rho_{\text{пр}}} \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (3)$$

Отсюда видно, что для всего многообразия оптимальных режимов взрыва проводников в воде для каждого из металлов удельная энергия, введенная в проводник $\left(\frac{W_0}{m} \right)_{\text{опт}}$, не зависит ни от размеров проводника, ни от параметров контура, а является константой свойств материала проводника. Так, для алюминия $w_{\text{опт}} \approx 41$ кДж/кг, меди $w_{\text{опт}} \approx 22$ кДж/кг, магния $w_{\text{опт}} \approx 31$ кДж/кг, олова $w_{\text{опт}} \approx 6,6$ кДж/кг, вольфрама $w_{\text{опт}} \approx 7,5$ кДж/кг, золота $w_{\text{опт}} \approx 7$ кДж/кг. Таким образом, количество энергии на единицу массы проводника, необходимое для реализации одиночного режима взрыва, для различных материалов разное и не зависит от параметров источника или проводника, а только от его свойств.

Из полученных данных видно, что при одинаковых количествах введенной в проводник энергии минимальными параметрами обладает проводник из меди. Одна-

ко на практике для получения большего давления при меньшем энергокладе целесообразнее использовать проволочку из алюминия. Рассмотрим процессы взрыва алюминиевой и медной проволочек более детально.

Если проводник расположен вдоль оси цилиндрической камеры, то при взрыве температура в приосевой области может достигать 3000 К [4]. В результате возможны химические реакции:



Удельная теплота, выделяемая в случае первой реакции, достаточно велика: $Q = 1680$ кДж/кг. Энергия экзотермической реакции приводит к дополнительному нагреву ее продуктов до высокой температуры, и они развивают большое давление. Также влияние оказывает водород, образующийся в результате обеих реакций.

При взрыве медной проволоки химическая реакция не происходит, и после взрыва в осадок выпадает порошок меди.

Заключение

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что для всего многообразия оптимальных режимов взрыва проводников в воде для каждого из металлов удельная энергия, введенная в проводник, не зависит ни от размеров проводника, ни от параметров контура, а является константой свойств материала проводника. На практике для получения большего давления при меньшем энергокладе целесообразнее использовать проволочку из алюминия, так как из-за экзотермической реакции алюминия с водой происходит дополнительный нагрев ее продуктов до высокой температуры, и они развивают большое давление в момент электрического теплового взрыва.

Литература

- 1 Юткин, Л. А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности / Л. А. Юткин. – Л. : Машиностроение, 1986. – 253 с.
- 2 Кривицкий, Е. В. Динамика электровзрыва в жидкости / Е. В. Кривицкий. – К. : Наук. думка, 1986. – 206 с.
- 3 Bennett, F. D. Correlated Electrical and Optical Measurements of Exploding / F. D. Bennett, H. S. Burden, D. D. Shear // Phys. of Fluids. – 1962. – Vol. 5, № 1. – P. 102–113.
- 4 Мдивинишвили, М. О. Химические реакции при высоких температурах как источник импульсного давления / М. О. Мдивинишвили, В. П. Кортхонджия // Письма в ЖТФ. – 1999. – Т. 25, вып. 13. – С. 10–14.

Поступила в редакцию 13.03.2015

V. V. Tarkovsky, P. N. Staheyko, A. V. Levanovich, E. I. Sakovich, S. M. Filipovich, A. S. Balykin

TERMS OF REALIZATION OF OPTIMUM ELECTRICAL EXPLOSION OF DIFFERENT TYPES CONDUCTORS IN THE WATER

The results of the studies on the implementation of the optimal conditions for the explosion of different types of conductors in the water are presented. It is shown that for all variety of optimal modes of the explosion of conductors in the water, for each of the metals, the specific energy introduced into the conductor does not depend on the size of the conductor or the parameters of the circuit, and it is a constant of the properties of the conductor material.

УДК 614.843.4

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВОДОПЕННОГО НАСАДКА НА СТВОЛ ПОЖАРНЫЙ РУЧНОЙ СРК-50

Чан Дык Хоан

*Государственное учреждение образования «Командно-инженерный институт»
МЧС Республики Беларусь, г. Минск*

В работе предложена методика расчета основных геометрических параметров водопенного насадка на пожарный ствол. Даны рекомендации по проектированию проточного тракта, цилиндрического корпуса с аэрационными отверстиями и выбору металлической сетки.

Ключевые слова: водопенный насадок, кавитация, проточный тракт, аэрационные отверстия, металлическая сетка, кратность пены.

Введение

Одной из основных задач, стоящих перед разработчиками современных систем пожаротушения, является повышение эффективности использования воды в качестве средства пожаротушения. Для повышения огнетушащей способности воды существует два подхода – химический и физический. Первый предполагает добавление в воду химических компонентов – пенообразователей. Второй подход заключается в использовании тонкораспыленной воды. Невозможно указать на какое-нибудь определенное универсальное средство пожаротушения, которое одинаково эффективно позволяло бы осуществлять процесс тушения различных по природе и процессу протекания пожаров. В связи с этим целесообразно рассматривать возможность использования воды и водопенных растворов с применением одинаковых средств подачи этих огнетушащих веществ.

Описание водопенного насадка

В работе [1] приведены результаты экспериментальных исследований водопенных насадков на ствол СРК-50 (рисунок 1), которые свидетельствуют о целесообразности применения подобных насадков для получения пены низкой кратности при подаче воды и пенообразователя.

Кратко опишем принцип работы водопенного насадка, схема которого показана на рисунке 1. Водопенный насадок при помощи резьбы 8 крепится к пожарному стволу СРК-50. Из пожарного ствола раствор воды и пенообразователя поступает во внутреннее сечение основания 6 и далее при последовательном прохождении через внутренние сечения основания 6, сопла 5 и корпуса 1 обеспечивается кавитационный режим течения огнетушащей жидкости. Через аэрационные отверстия 7, размещенные симметрично с торца корпуса 1, осуществляется подсос воздуха из окружающей среды в поток огнетушащей жидкости. Дальнейшее прохождение насыщенного воздухом потока воды и раствора пенообразователя через набор сеток 2 обеспечивает генерирование однородной мелкодисперсной воздушно-механической пены низкой кратности, которая может быть использована для тушения пожара.

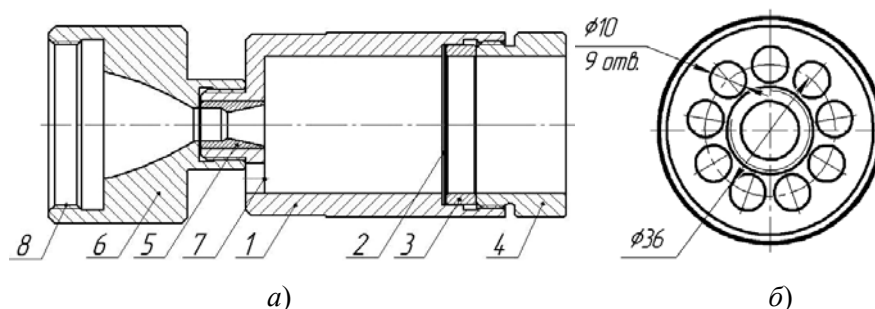


Рисунок 1 – Схема опытного образца водопенного насадка:
 а – продольный разрез водопенного насадка; б – вид водопенного насадка с торца:
 1 – корпус; 2 – сетка; 3 – кольцо; 4 – втулка; 5 – сопло; 6 – основание;
 7 – аэрационные отверстия; 8 – присоединительная резьба

Для проектирования водопенных насадков необходимо определиться с геометрическими размерами проточного тракта, диаметром и количеством отверстий в корпусе для аэрации огнетушащего вещества, а также геометрическими параметрами устанавливаемой сетки.

Методика расчета проточного тракта

Проточный кавитирующий тракт водопенного насадка выполняется в виде последовательно расположенных участков различной конфигурации (рисунок 2): участка сферического сужения 1, цилиндрического участка 2 и конически расходящегося участка 3, характеризующегося углом конусности θ . Длину каждого из участков делаем пропорциональной произведению соответствующего коэффициента на диаметр сопла насадка.

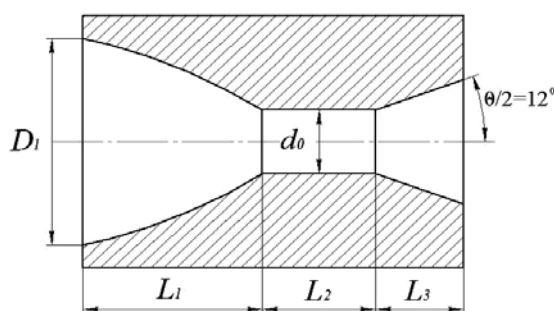


Рисунок 2 – Схема проточного кавитирующего тракта водопенного насадка

Схема проточного тракта водопенного насадка сходна со схемой кавитационного насадка пожарного ствола [2]. Главное отличие проектируемого водопенного насадка от прототипа [2] заключается в том, что в проточном кавитирующем тракте проектируемого насадка отсутствует участок конического сужения, т. е. конструкция стала проще для изготовления. Кроме того, при выборе угла конусности для выходного отверстия сопла водопенного насадка учтены результаты экспериментов с высокоскоростными струями [3], которые показали, что минимум гидравлических потерь в насадках наблюдается при углах конусности $\theta = 24^\circ$.

Расчет диаметра сопла проточного кавитирующего тракта водопенного насадка проведем исходя из обеспечения условия возникновения кавитации и необходимого расхода огнетушащего вещества при заданном перепаде давления.

Условие возникновения кавитации имеет следующий вид [4]:

$$p_{\text{вн}} \geq p_{\text{н.п}} + \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{\rho \vartheta^2}{d_0^2} \sqrt{\text{Re}^3 \theta^3}, \quad (1)$$

где $p_{\text{вн}}$ – внешнее давление за соплом водопенного насадка, Па; $p_{\text{н.п}}$ – давление насыщенных паров жидкости (огнетушащего вещества), Па; ρ – плотность огнетушащего вещества, кг/м³; ϑ – средняя скорость жидкости (огнетушащего) вещества на выходе из сопла водопенного насадка, м/с; d_0 – диаметр сопла водопенного насадка, м; Re – число Рейнольдса; θ – угол конусности на выходе из сопла водопенного насадка, град.

Пренебрегая величиной давления насыщенных паров, вследствие его малости по сравнению с давлением перед соплом, из условия (1) получим формулу для определения диаметра сопла водопенного насадка, необходимого для достижения кавитационного эффекта при прохождении огнетушащей жидкости через кавитирующий тракт:

$$d_0 = \sqrt{\frac{2}{\sqrt{3}} \frac{\rho \vartheta^2}{p_{\text{вн}}} \sqrt{\text{Re}^3 \theta^3}}. \quad (2)$$

Среднюю скорость жидкости на выходе из сопла водопенного насадка в выражении (2) представим в виде

$$\vartheta = \frac{Q}{S_0} = \frac{4Q}{\pi d_0^2}, \quad (3)$$

где Q – расход огнетушащего вещества на выходе из сопла водопенного насадка, м³/с.

Для дальнейших расчетов учтем выражение для числа Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{Q d_0}{\nu S_0} = \frac{4Q}{\pi \nu d_0}, \quad (4)$$

где ν – коэффициент кинематической вязкости огнетушащего вещества (воды и раствора пенообразователя), м²/с.

Подставляя (3) и (4) в (2), после проведения преобразований, получим:

$$d_0 = \sqrt[15]{\left(\frac{256\rho}{p_{\text{вн}}}\right)^2 \frac{Q^7 \theta^3}{3\pi^7 \nu^3}}. \quad (5)$$

Для практических расчетов в качестве физических характеристик огнетушащего вещества принимаем плотность и кинематическую вязкость воды: $\rho = 0,998$ кг/м³, а $\nu = 1,004 \times 10^{-6}$ м²/с. При этом считаем, что истечение воды происходит при температуре воздуха 20 °С и атмосферном давлении 101 325 Па.

Подставляя численные значения физических параметров в (5), получаем формулу удобную для определения диаметра сопла водопенного насадка:

$$d_0 = 3,886 \sqrt[15]{Q^7 \theta^3}. \quad (6)$$

Из конструктивных соображений входной диаметр водопенного насадка D_1 принимаем равным

$$D_1 = 3,2d_0. \quad (7)$$

Кроме того, сферическую часть проточного кавитирующего тракта спроектируем таким образом, чтобы в ее внутреннюю полость вписывалась поверхность, очерченная геометрической фигурой коноидального профиля, обеспечивающая минимум гидравлических потерь. Такой профиль сужающегося насадка может быть рассчитан по формуле Витошинского [4], которая с учетом преобразования для водопенного насадка, принимает вид

$$r = \frac{0,5d_0}{\sqrt{1 - \frac{231 \left(1 - \frac{x^2}{198,8d_0^2}\right)^2}{256 \left(1 + \frac{x^2}{66,3d_0^2}\right)^3}}}, \quad (8)$$

где r и x – текущие поперечная и продольная координаты.

Тогда длину участка сферического сужения L_1 и цилиндрического участка L_2 водопенного насадка из конструктивных соображений с учетом кривой (8) принимаем:

$$L_1 = 2,7d_0; \quad (9)$$

$$L_2 = 2d_0. \quad (10)$$

Длину расширяющейся части проточного тракта с учетом рекомендации [4] принимаем равной

$$L_3 = 1,1d_0. \quad (11)$$

В итоге, варьируя требуемым расходом огнетушащего вещества на тушение пожара в диапазоне значений от 1,5 до 3 л/с, задавая углом конусности $\theta = 24^\circ$, получаем три варианта геометрических параметров кавитирующего тракта проектируемого водопенного насадка (таблица 1).

Таблица 1 – Геометрические параметры кавитирующего тракта проектируемого водопенного насадка

Угол конусности θ , град	Расход огнетушащего вещества Q , л/с	Значение геометрических параметров кавитирующего тракта водопенного насадка				
		d_0 , мм	D_1 , мм	L_1 , мм	L_2 , мм	L_3 , мм
24	1,6	9	29	25	18	10
	2,2	11	36	30	22	13
	2,9	13	42	36	26	15

Кавитационный режим течения воды и раствора пенообразователя в проточном тракте проектируемого насадка достигается за счет того, что раствор воды и пенообразователя попадает на участок сферического сужения l (см. рисунок 2), где потоку огнетушащего вещества придается необходимая кинетическая энергия. С целью снижения входного давления огнетушащей жидкости внутренняя поверхность участка l сферического сужения по его длине выполнена с кривизной, возрастающей по

направлению к выходу из ствола. При таком выполнении входной части проточного тракта насадка огнетушащая жидкость, находясь под действием центробежной силы со стороны внутренней стенки с возрастающей кривизной участка 1, в любом осевом продольном сечении канала приобретает вращательное движение по направлению к входу в цилиндрический участок 2, образуя завихрения. Так как $d_0 < D_1$, то цилиндрический участок 2 не способен пропустить всю жидкость так же быстро, как она поступает на входе в насадок, поэтому возрастание текущих местных скоростей вихревых потоков жидкости создает перепад давления. Таким образом, на входе в участок 2 происходит понижение давления огнетушащей жидкости вследствие повышения местных скоростей в ее потоке из-за столкновения с искривляющейся поверхностью и возникает гидродинамический эффект, приводящий к возникновению кавитации в потоке жидкости. Конически расходящийся участок 3 служит для формирования факела огнетушащей струи на выходе из кавитирующего проточного тракта.

По итогам экспериментальных исследований в работе [1] установлено, что наиболее оптимальным является проточный тракт с $d_0 = 11$ мм.

Методика подбора аэрационных отверстий и сетки в корпусе насадка

В работе [5] подробно исследовалось влияние предварительного газонасыщения пенообразующего раствора на характеристики пены, генерируемой в автоматических установках пожаротушения. Экспериментально доказано, что аэрация раствора пенообразователя воздухом из окружающей среды через отверстия в корпусе влияет на рост кратности генерируемой пены. Основываясь на результатах работы [5], спроектируем корпус водопенного насадка с аэрационными отверстиями для газонасыщения раствора пенообразователя.

Для достижения поставленной задачи к проточному кавитирующему тракту добавляем цилиндрический корпус 1 (рисунок 3), диаметр и длину которого выбираем из конструктивных соображений.

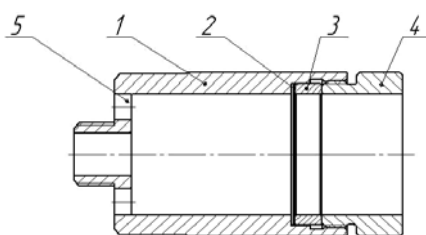


Рисунок 3 – Схема цилиндрического корпуса с аэрационными отверстиями:

1 – корпус; 2 – сетка; 3 – кольцо; 4 – втулка; 5 – аэрационные отверстия

Учитываем, что диаметр цилиндрического корпуса не должен превышать присоединительный диаметр пожарного ствола, равный 50 мм, с одной стороны, а, с другой стороны, он должен быть больше D_1 , т. е. $3,2 d_0$. Принимаем диаметр цилиндрического корпуса равным 46 мм. Что касается длины цилиндрического участка, то можно предположить: чем она будет больше, тем интенсивнее пройдет процесс газонасыщения. Однако надо учитывать, что увеличение длины цилиндрического участка будет сопровождаться ростом веса самого водопенного насадка, а это нежелательно. В связи с этим принимаем длину цилиндрического участка равной 82 мм, а интенсивность процесса газонасыщения потока жидкости и генерирования пены низкой кратности регулируем площадью аэрационной зоны и установкой металлической сетки на выходе из него.

Таким образом, в одном торце корпуса *1* (см. рисунок 1) вставляем набор сеток *2* (рисунок 4) с площадью ячеек 1 мм^2 или 4 мм^2 , для фиксации которого предусматривается кольцо *3* и втулка *4*. В другом торце изготавливаем центральное отверстие диаметром 46 мм и девять аэрационных отверстий *7* диаметром 10 мм каждое, причем центральное отверстие совмещаем с соплом проточного кавитирующего тракта *5*. Со стороны этого же торца корпус *1* соединяем с основанием *6*, которое имеет резьбу *8* для присоединения к пожарному стволу. Все вышеперечисленные элементы располагаем по отношению друг к другу соосно, причем сопло *5* и основание *6* образуют проточный кавитирующий тракт (рисунок 1).

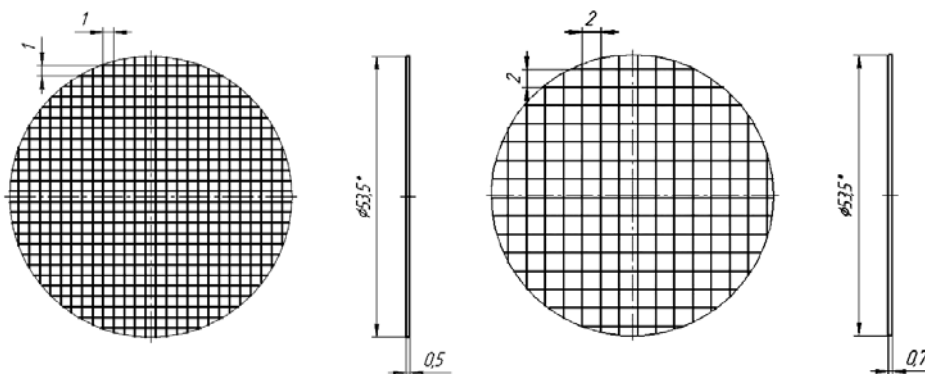


Рисунок 4 – Металлическая сетка с площадью ячейки 1 мм^2 (справа) и 4 мм^2 (слева)

Оптимальные параметры устанавливаемой в цилиндрический корпус водопенного насадка металлической сетки определяем экспериментально. Важно отметить, что при проведении экспериментов кавитирующий проточный тракт водопенного насадка менялся с учетом таблицы 1. То есть было проведено по три серии экспериментов для проточного тракта с $d_0 = 9 \text{ мм}$ (насадок № 1), с $d_0 = 11 \text{ мм}$ (насадок № 2) и с $d_0 = 13 \text{ мм}$ (насадок № 3). При этом были открыты все девять аэрационных отверстий в цилиндрическом корпусе *1*.

Результаты определения кратности воздушно-механической пены, проведенные в ходе экспериментов, с учетом вида установленной в корпусе насадка сетки (рисунок 4), представлены на рисунке 5.

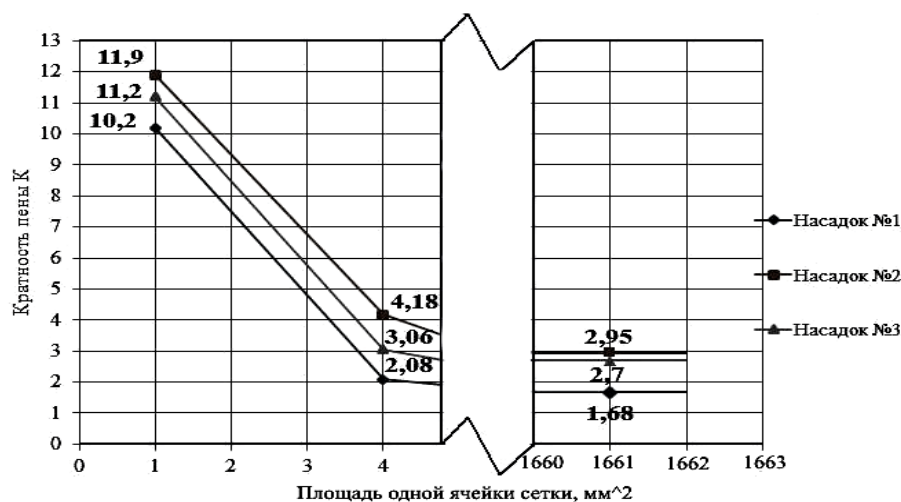


Рисунок 5 – Зависимость кратности воздушно-механической пены от дополнительного механического сопротивления

Анализируя вышепредставленные зависимости на рисунке 5, можно сделать вывод, что установка сетки в корпус водопенного насадка существенно влияет на кратность воздушно-механической пены низкой кратности, генерируемой насадком. При этом установлено, что наиболее оптимальной является сетка с площадью ячеек 1 мм^2 , при установке которой в корпус насадка генерируется воздушно-механическая пена низкой кратности $K = 11,9$.

Результаты проведения экспериментальных исследований по определению кратности воздушно-механической пены, генерируемой опытными образцами водопенного насадка, в зависимости от количества аэрационных отверстий представлены на рисунке 6. Эксперименты проводились только для водопенного насадка с кавитирующим проточным трактом, имеющим $d_0 = 11 \text{ мм}$, и с установленной в торце цилиндрического корпуса металлической сеткой с площадью ячеек 1 мм^2 как с наиболее оптимальным вариантом.

Измерения кратности воздушно-механической пены показали, что кратность пены, генерируемой водопенным насадком с предварительной аэрацией потока жидкости выше, чем у стволов воздушно-пенных СВП [6], даже при закрытых отверстиях. Можно предположить, что увеличение кратности объясняется эффектом трубы Вентури, в виде которой выполнен кавитирующий тракт в корпусе насадка (рисунок 2). Поток огнетушащего вещества проходит через узкое сечение с возрастанием скорости и падением давления. Окружающий воздух при уменьшении давления эжектируется в струю жидкости через аэрационные отверстия в корпусе, что приводит к увеличению кратности генерируемой пены.

На рисунке 6 показана зависимость кратности пены от количества открытых аэрационных отверстий в корпусе водопенного насадка. Таким образом, мы видим, что после открытия первого отверстия происходит резкое увеличение кратности воздушно-механической пены, а после открытия четвертого отверстия для газонасыщения кратность воздушно-механической пены начинает уменьшаться (рисунок 6). Это связано с тем, что существует диапазон скоростей течения, при которых аэрация практически отсутствует из-за небольшой величины создаваемого разрежения. Кроме того, резкое газосодержание в смеси огнетушащего вещества постепенно стабилизируется и дальнейшее увеличение скорости потока огнетушащего вещества почти не влияет на его величину.

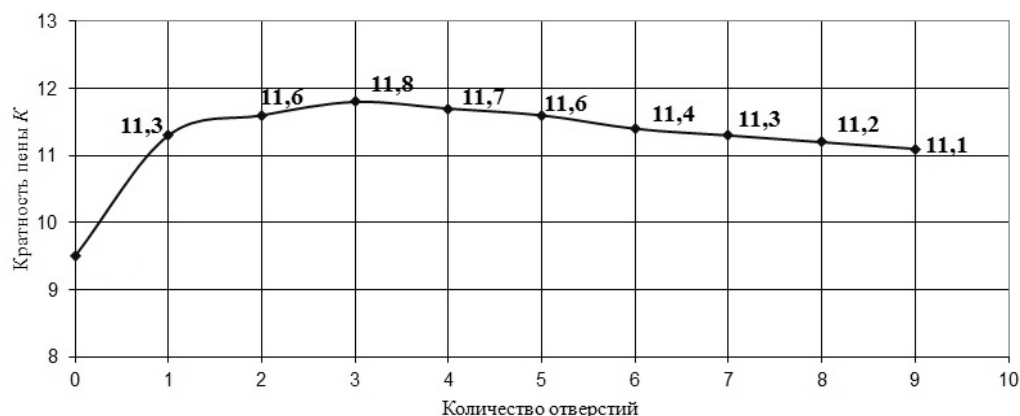


Рисунок 6 – Зависимость кратности воздушно-механической пены от количества отверстий диаметром 10 мм каждое для предварительного газонасыщения в водопенном насадке с диаметром сопла 11 мм

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования показали, что степень предварительного газонасыщения раствора пенообразователя существенно (качественно и количественно) влияет на кратность генерируемой водопенным насадком воздушно-механической пены. При этом установлено, что при увеличении площади отверстий для газонасыщения кратность воздушно-механической пены увеличивается до определенного значения, а затем снижается.

Заключение

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1 При расчете параметров водопенного насадка особое внимание следует уделять проектированию кавитирующего проточного тракта, диаметр сопла которого необходимо принимать по формуле (6). Экспериментально показано, что наиболее оптимальным по значениям кратности пены оказался проточный тракт с $d_0 = 11$ мм. Для такого проточного тракта геометрические размеры рассчитаны и приведены в таблице 1. Исследования по определению основных тактико-технических характеристик насадка показали, что при диаметре сопла 11 мм, который обеспечивает расход огнетушащего вещества 1,94 л/с при рабочем давлении 0,4 МПа, генерируется воздушно-механическая пена с кратностью 11,9, а это в 1,7 раза больше, чем у стволов воздушно-пенных СВП [6]. Если же понадобится спроектировать проточный тракт с большей пропускной способностью, согласно (6) $d_0 = f(Q)$, то остальные геометрические параметры проточного тракта рассчитываются как функции d_0 по соотношениям (7), (9)–(11). При этом необходимо учитывать, что внутренняя поверхность сферического участка проточного тракта должна описываться кривой (8). Угол конусности на выходе из сопла водопенного насадка рекомендуется принимать равным 24° .

2 Установлено, что металлическая сетка, размещенная в торце цилиндрического корпуса насадка, существенно влияет на кратность воздушно-механической пены, генерируемой насадком. При этом показано, что наиболее оптимальной является сетка с площадью ячеек 1 мм^2 .

3 Степень предварительного газонасыщения раствора пенообразователя существенно (качественно и количественно) влияет на кратность генерируемой водопенным насадком воздушно-механической пены. При этом установлено, что при увеличении площади отверстий для газонасыщения кратность воздушно-механической пены увеличивается до определенного значения, а затем снижается. Рекомендуется принимать следующие геометрические размеры цилиндрической части насадка: диаметр – 46 мм, длину – 82 мм. При этом количество отверстий диаметром 10 мм рекомендуется делать от 2 до 5. Если диаметр отверстий выбирать отличный от 10 мм, то необходимо придерживаться суммарной площади аэрации от 157 до 392 мм^2 .

Литература

- 1 Экспериментальные исследования опытных образцов водопенного насадка / А. Н. Камлюк [и др.] // Вестн. Команд.-инженер. ин-та МЧС Респ. Беларусь. – 2015. – № 2 (22). – С. 61–68.
- 2 Кавитационный насадок пожарного ствола : пат. 018125 Евразийское патентное общество, МПК (2006.01) А62С 31/02 / И. В. Карпенчук, С. Г. Петуховский, В. В. Пармон, О. В. Черневич ; заявитель НИИ ПБ и ЧС. – № u 20091096 ; заявл. 29.12.09 ; опубл. 30.06.11.
- 3 Гиль, В. С. Исследование динамики движения свободной струи капельной жидкости лазерными методами / В. С. Гиль. – Минск : Препринт ЦТМО АН БССР, 1971. – 42 с.

- 4 Бачаров, В. П. Расчет и проектирование устройств гидравлической струйной техники / В. П. Бачаров. – К. : Техника, 1987. – 127 с.
- 5 Качанов, И. В. О влиянии предварительного газонасыщения пенообразующего раствора на характеристики пены, генерируемой в автоматических установках пожаротушения / И. В. Качанов, В. В. Кулебякин, С. Ю. Павлюков // Вестн. Команд.-инженер. ин-та МЧС Респ. Беларусь. – 2015. – № 2 (22). – С. 52–60.
- 6 Каталог ООО «Новохарцызский машиностроительный завод» (Республика Украина) / ООО «Новохарцызский машиностроительный завод». – Харцызск, 2003. – Режим доступа: <http://www.xmz.com.ua>. – Дата доступа: 11.09.2015.

Поступила в редакцию 17.03.2016

Tran Duc Hoang
CALCULATION METHOD MAIN GEOMETRICAL PARAMETERS
OF WATER-FOAM NOZZLE ON THE SRK-50

The paper presents the method of calculating the basic geometric parameters of water-foam nozzle. Provided recommendations for the design of the flow path, the cylindrical body with aeration holes and for choice of the metal mesh.

ОБРАЗОВАНИЕ

УДК 614.841

ПОЛЕВОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СПАСАТЕЛЕЙ-ПОЖАРНЫХ

В. Е. БАБИЧ, кандидат технических наук, доцент
А. В. СУРИКОВ

Государственное учреждение образования «Институт переподготовки и повышения квалификации» МЧС Республики Беларусь, Минская обл.

Проведен анализ зарубежных методик тестирования физической подготовленности спасателей-пожарных. Представлено содержание специальных упражнений для определения физического развития в различных странах. Разработана и представлена специальная полоса подготовки спасателей-пожарных, внедренная в образовательный процесс ИППК МЧС Республики Беларусь при реализации образовательной программы профессиональной подготовки рабочих (служащих) «Спасатель-пожарный 7-го разряда».

Ключевые слова: спасатель-пожарный, физическая подготовленность, полевое тестирование, специальная полоса препятствий.

Введение

Выполнение боевых задач по тушению пожаров, работе в среде непригодной для дыхания, спасению людей диктует высокие требования к физической подготовленности спасателей-пожарных. Готовность работников органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям оценивается по нормативам физической и пожарной авариинно-спасательной подготовки [1]. В данной работе проанализирован зарубежный опыт по оценке физической подготовки спасателей-пожарных и предложен полевой тест для подготовки работников органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям к работе в боевых условиях.

Основная часть

Зарубежный опыт подготовки и проверки физической готовности спасателей-пожарных к выполнению боевых задач

Помимо традиционной оценки физических качеств (сила, быстрота, выносливость) путем проведения тестов по физической подготовке в зарубежных странах широко применяются специальные тесты оценки физической подготовки как кандидатов на поступление в пожарную службу, так и действующих работников.

Так, в США наиболее часто применяемым для этих целей тестом является тест физических возможностей кандидатов (Candidate Physical Ability Test – CPAT) [2], одобренный Международной ассоциацией пожарных (IAFF). На проведение данного испытания аккредитовано более 500 пожарных департаментов и специализированных учебных центров.

Тест выполняется в следующей последовательности:

Этап 1. Упражнение «Подъем по лестнице». Выполняется на степ-миле (темп

выполнения – 60 шагов/мин, время выполнения – 3 мин) или по лестничной клетке учебной башни (на 5 этаж, число ступеней в пролете 6–8). Упражнение выполняется или в одетом дыхательном аппарате (без включения) и испытуемый держит на плече скатку пожарных рукавов, или на него одевается жилет массой 22,7 кг и дополнительные грузы общей массой 11,3 кг (имитация рукавов). Отдых перед следующим этапом: ходьба пешком на расстояние 26 м.

Этап 2. Упражнение «Разворачивание рукавной линии». Выполняется с применением рукавной линии 44 мм длиной 60 м по специальной траектории, включая повороты на 90°. Затем выполняется стягивание этого рукава (отрезок длиной 15 м до специальной метки). Отдых перед следующим этапом: ходьба пешком на расстояние 26 м.

Этап 3. Упражнение «Переноска оборудования». Переносится две бензопилы на расстояние 50 м. Отдых перед следующим этапом: ходьба пешком на расстояние 26 м.

Этап 4. Упражнение «Установка и раздвижение двухколенной лестницы». Выполняется подъем лестницы с пола с последующим упором ее в стену. Далее выдвигается колено. Отдых перед следующим этапом: ходьба пешком на расстояние 26 м.

Этап 5. Упражнение «Разбитие препятствия кувалдой». Выполняется на специальном тренажере кувалдой массой 4,54 кг. Отдых перед следующим этапом: ходьба пешком на расстояние 26 м.

Этап 6. Упражнение «Поиск». Выполняется в специальном тоннеле-лабиринте (высота – 91,4 см, ширина – 121,9 см, длина – 19,51 м, с двумя поворотами на 90°) в темноте. В лабиринте имеются препятствия – выступы в верхней и нижней частях. Отдых перед следующим этапом: ходьба пешком на расстояние 26 м.

Этап 7. Упражнение «Спасение». Выполняется перенос манекена (массой 74,84 кг) на расстояние 22 м, пятясь спиной вперед. Манекен имеет две петли на плечах для транспортирования. Отдых перед следующим этапом: ходьба пешком на расстояние 26 м.

Этап 8. Упражнение «Вскрытие перекрытия». Выполняется на специальном тренажере. Багром выполняется поднятие (выталкивание) веса 27 кг вверх над головой (три повторения), затем багром выполняется тяга груза вниз 36 кг (пять повторений). Упражнение выполняется в 4 серии.

Условиями успешного прохождения теста является установленный лимит времени равный 10 мин и 20 с.

Проведенный анализ литературных и Интернет источников [3–7] показал, что подобный подход широко применяется в США, Великобритании, Швеции и других странах. Полевое тестирование физических качеств спасателей-пожарных установлено, как на национальном уровне, так и на уровне конкретных департаментов пожаротушения. Сравнительная характеристика тестов приведена в таблице 1.

В таблице 1 приведены упражнения, применяемые для проведения тестирования, и последовательность их выполнения.

В дополнение к вышеописанным упражнениям для проведения тестирования применяются упражнения «Сбор оборудования» (сборка различного оборудования – упражнение на ловкость и внимательность), «Резка бетона» (участник бензорезом выполняет имитацию резки бетона).

К особенностям тестов можно отнести последовательность выполнения упражнений, форму одежды участников, наличие и включение дыхательных аппаратов, установление лимитов времени прохождения дистанции, наличие отдыха между выполнением упражнений, условия прохождения этапов (выполнение на специальных тренажерах или с помощью подручных средств) и др.

Наиболее часто применяемыми упражнениями являются «Подъем по лестнице», «Разворачивание и стягивание рукавной линии», «Переноска оборудования», «Установка и раздвижение двухколенной лестницы», «Спасение».

Таблица 1 – Сравнительная характеристика тестов физических качеств спасателей-пожарных в различных странах

Наименование теста	Вид упражнения и номер этапа, на котором оно выполняется									
	Подъем по лестнице	Разворачивание и стягивание рукавной линии	Переноска оборудования	Установка и раздвижение двухколенной лестницы	Разбитие препятствия кувалдой	Поиск	Спасение	Вскрытие перекрытия	Сбор оборудования	Резка бетона
Тест физических возможностей кандидатов на службу (США) [2]	1	2	3	4	5	6	7	8		
Тест физических возможностей пожарных (США) [3]	7	1	3	5,6	2		8	4		
Тест силы и ловкости пожарных (США) [4]	3	4	5	2			1			
Тест физических возможностей (США) [5]	1	2,5			3	4	6			
Национальный тест физической подготовки пожарных (Великобритания) [5]	1		6	3		4	2		5	
Полевой тест для определения аэробных способностей пожарных (Швеция) [6]	2	3		4			5			1

Специальная полоса подготовки спасателей-пожарных

При реализации образовательной программы профессиональной подготовки рабочих (служащих) «Спасатель-пожарный 7-го разряда» в ИППК МЧС Республики Беларусь разработана и внедрена в образовательный процесс специальная полоса подготовки спасателей-пожарных. Полоса максимально приближена к действиям, выполняемым при ведении боевых действий при тушении пожаров, и состоит из упражнений по пожарной аварийно-спасательной подготовке и по подготовке газодымозащитников. Упражнение состоит из пяти этапов, выполняемых в определенной последовательности, логически привязанных к реальной обстановке на пожаре.

Условия выполнения упражнения:

1 Упражнение выполняется в боевой одежде пожарного в дыхательном аппарате.

2 Этапы 2–4 выполняются с включением в дыхательный аппарат.

3 В ходе упражнения постоянно проводится контроль частоты сердечных сокращений (далее ЧСС) спасателя. На груди участника размещается нагрудный датчик ЧСС, показатель ЧСС контролирует инструктор по показаниям пульсометра. При достижении ЧСС = 170 уд./мин (значение принято как предельно допустимое согласно [8]) пульсометр выдает звуковой сигнал. Участник останавливается до снижения значения его ЧСС = 120 уд./мин и далее продолжает выполнение упражнения.

4 В процессе выполнения упражнения на каждом этапе при работе в дыхательном аппарате фиксируется расход потребления воздуха из баллона. Это предусмотрено для определения индивидуального расхода воздуха для каждого спасателя.

Схема проведения упражнения приведена на рисунке 1.

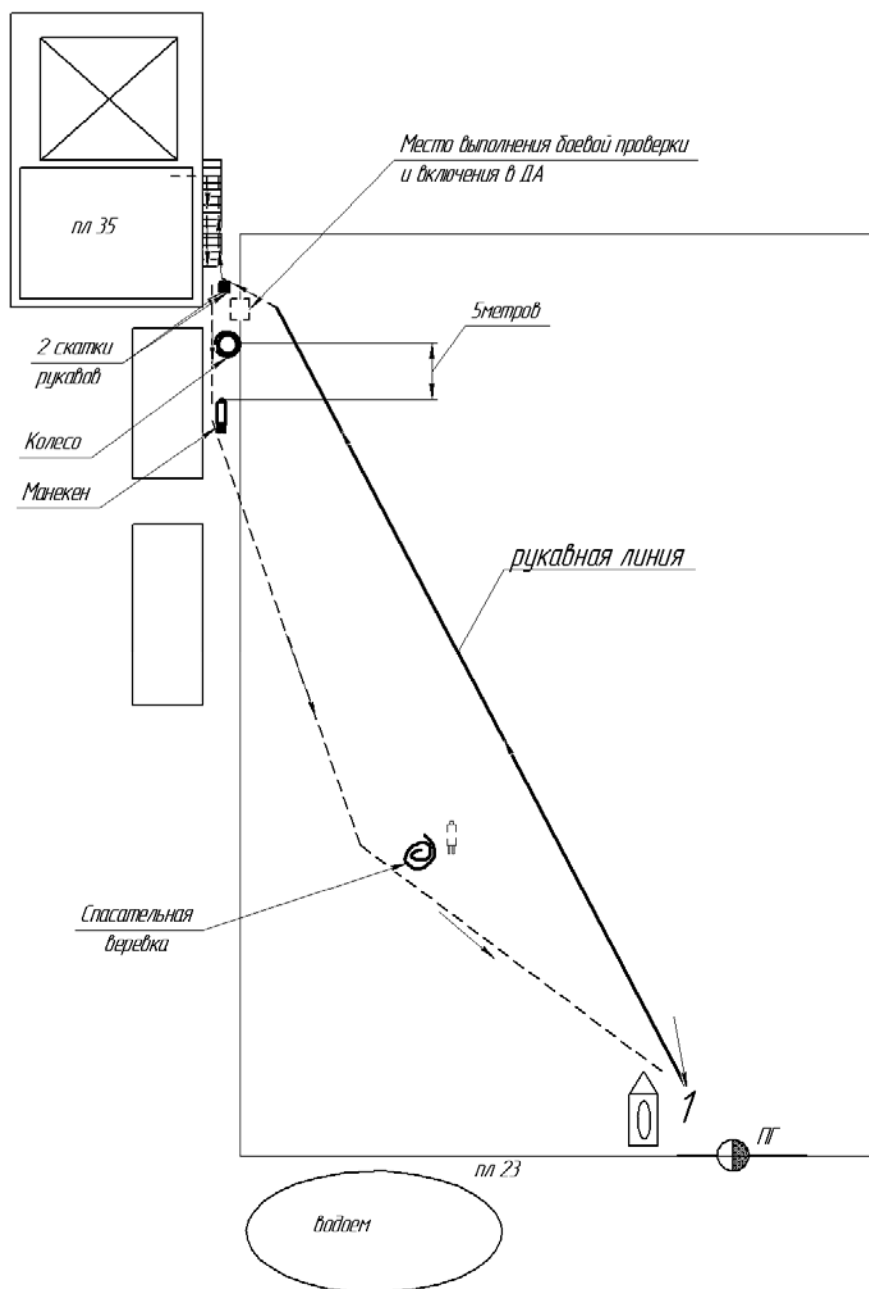


Рисунок 1 – Схема специальной полосы подготовки спасателей-пожарных на ПОТП ИППК МЧС Республики Беларусь

Упражнение выполняется в следующей последовательности:

Этап № 1 «Прокладывание рукавной линии». Спасатель-пожарный находится возле автоцистерны (учебная площадка № 23 полигона оперативно-тактической подготовки спасателей ИППК (далее – ПОТП)). По команде спасатель-пожарный надевает дыхательный аппарат, устанавливает пожарную колонку на гидрант и прокладывает рукавную линию в направлении лестницы, расположенной на учебной площадке № 35 ПОТП.

Этап № 2 «Стен-тест». Непосредственно у лестницы спасатель-пожарный выполняет боевую проверку и включение в дыхательный аппарат, берет две скатки

рукавов, расположенные у лестницы (площадка № 35 ПОТП), поднимается на два пролета и спускается с данными скатками (допускается выполнять подъем и спуск на вторую ступень 25 раз).

Этап № 3 «Кувалда». Выполняя ударные воздействия кувалдой, спасатель-пожарный перемещает колесо на расстояние 5 м до расположенного манекена пострадавшего.

Этап № 4 «Транспортировка пострадавшего». Спасатель-пожарный транспортирует пострадавшего, пятась спиной вперед, до пожарной спасательной веревки и выполняет вязку двойной спасательной петли на пострадавшего, после чего выполняется выключение из дыхательного аппарата (при транспортировании не допускается бросание манекена).

Этап № 5 «Стягивание рукавов». Прибыв к пожарной колонке, спасатель-пожарный выполняет стягивание рукавной линии. Итоговое время фиксируется на момент завершения касания рукой головки рукавной четвертого рукава.

Заключение

Анализ литературных данных показал, что в практику зарубежных стран широко внедрены полевые методы тестирования физической подготовленности спасателей-пожарных. Тесты в различных странах во многом идентичны и представляют собой набор упражнений, максимально приближенным к действиям спасателей в условиях пожаров и выполняемых в определенной последовательности.

В результате проделанной работы в образовательный процесс ИППК МЧС Республики Беларусь при реализации образовательных программ подготовки спасателей-пожарных внедрена специальная полоса подготовки. Указанная полоса имеет высокую степень доступности, не требует специальных тренажерных комплексов и может быть реализована в стандартных условиях действующих органов и подразделений. Набор этапов упражнения максимально приближен к боевым действиям при ликвидации пожаров и в целом соответствует мировой практике. В отличие от существующих тестов представленная полоса подготовки спасателей является комплексным прикладным упражнением, включающим не только физические упражнения, но и выполнение сложнокоординационных движений (боевая проверка дыхательного аппарата, вязка двойной спасательной петли).

В ходе выполнения упражнения постоянно проводится контроль ЧСС спасателя, что способствует ограничению его нахождения в зоне максимальной физической нагрузки при проведении тренировочных занятий. Проводимый контроль потребления воздуха при выполнении этапов позволяет определить индивидуальный расход воздуха для каждого спасателя, что может быть использовано в процессе подготовки в части контроля развития аэробных возможностей его организма, а также при расчете времени пребывания спасателя в среде непригодной для дыхания.

Представленное упражнение может быть использовано в качестве дополнительного тренинга при подготовке личного состава органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям.

Литература

- 1 Об утверждении Инструкции о порядке организации физической подготовки и спорта в органах и подразделениях по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь и нормативов по аварийно-спасательной подготовке : Приказ М-ва по чрезвычайн. ситуациям Респ. Беларусь 15 дек. 2011 г. № 281.
- 2 Fire Service Joint Labor Management Wellness / Fitness Initiative. Candidate Physical Ability Test Orientation Guide, 1999. – 10 p.

- 3 Firefighter Physical Ability Test (PAT). Candidate Orientation Guide. Lincoln Fire & Rescue Department, 2009. – 12 p.
- 4 Firefighter Pre-Employment Strength And Agility Test Test Booklet. Wilmington Fire Department, 2013. – 8 p.
- 5 Louisville Fire Department Number. Louisville physical agility test (LPAT): FD-SOG-134. – Louisville, 2013. – 11 p.
- 6 National Firefighter Physical Tests // UK Fire Service Resources. – Режим доступа: <http://www.fireservice.co.uk/recruitment/physical>. – Дата доступа: 15.07.2015.
- 7 Field Tests for Evaluating the Aerobic Work Capacity of Firefighters / A.-S. Lindberg [et al.] // PLOS ONE, 2013. – 9 p.
- 8 Об утверждении Правил организации деятельности газодымозащитной службы в органах и подразделениях по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь : Приказ М-ва по чрезвычайн. ситуациям Респ. Беларусь 14 июля 2015 г. № 139.

Поступила в редакцию 06.08.2015

V. E. Babich, A. V. Surikov

FIELD TESTING OF RESCUERS-FIREFIGHTERS PHYSICAL ABILITY

The analysis of foreign methods of physical ability testing of rescuers and firefighters was made in the article. The content of specific exercises used in different countries to determine the physical development is presented. Special test for rescuers and firefighters training have been developed, performed and implemented in the educational process of vocational training on «Rescuer-firefighter of 7th category» at the State Educational Establishment «The Institute for Retraining and Professional Development» of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus.

УДК 316.61:004.9:005.336.2:355.588

КОМПОНЕНТЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ СПАСАТЕЛЯ

Н. В. ГАПАНОВИЧ-КАЙДАЛОВ, кандидат психологических наук, доцент

*Государственное учреждение образования «Гомельский инженерный институт»
МЧС Республики Беларусь*

В статье рассматривается отношение к информационным технологиям как важнейший компонент информационной компетентности личности. Оценка личностной значимости использования информационных технологий и субъективной удовлетворенности степенью своей информационной компетентности основывалась на подходе Т. Дембо. Собранный эмпирический материал позволил определить роль и значение информационных технологий в профессиональной деятельности спасателя, выделить пути формирования его информационной компетентности.

Ключевые слова: информация, информационная компетентность, информационная технология, отношение, компьютерная грамотность, информационная грамотность.

Введение

Проблема информационной компетентности личности рассматривалась с точки зрения повышения качества высшего образования (А. Н. Алексюк, В. В. Андрущенко, Н. М. Болюбаш и др.); различных аспектов использования информационных технологий (Н. П. Лыкова, М. В. Утенин, А. В. Хуторской и др.); совершенствования содержания профессионального образования (Е. В. Балахнина, Л. З. Давлеткиреева, А. С. Деденева, Е. А. Ложаква, А. С. Прокурина и др.); формирования информационной культуры и компетентности специалистов (Н. И. Гендина, Н. Б. Зиновьева, Т. М. Шамсутдинова и др.).

Можно выделить следующие основные подходы к определению понятия «информационная компетентность».

Первый подход акцентирует внимание на способах обработки информации, практически отождествляя информационную компетентность с информационной грамотностью (О. Г. Смолянинова, Л. Г. Осипова, А. Л. Семенов, Н. И. Гендина и др.).

Так, по мнению О. Г. Смоляниновой, информационная компетентность – это «универсальные способы поиска, получения, обработки, представления и передачи информации, обобщения, систематизации и превращения информации в знание» [1].

А. Л. Семенов под информационной компетентностью понимает своего рода новую грамотность, в состав которой входят умения активной самостоятельной обработки информации человеком, принятие принципиально новых решений в непредвиденных ситуациях с использованием технологических средств [2].

Однако, как отмечает Н. И. Гендина, в самом слове «грамотность» есть оттенок элементарности, примитивности, отражение самого простого, начального уровня образования. Поэтому более адекватным термином, обозначающим владение навы-

ками обработки информации, нужно считать не информационную грамотность, а информационную культуру, включающую специфическое информационное мировоззрение [3].

Второй подход акцентирует внимание на овладении информационными технологиями, т. е. информационная компетентность в данном случае ассоциируется с компьютерной грамотностью как совокупностью знаний и умений, позволяющих использовать компьютер в своей профессиональной деятельности и повседневной жизни (В. В. Котенко, С. Л. Сурменко, А. В. Хуторской и др.).

Например, А. В. Хуторский [4] интерпретирует информационную компетентность следующим образом: при помощи реальных объектов (телевизор, магнитофон, телефон, факс, компьютер, принтер, модем) и информационных технологий (аудио-видеозапись, электронная почта, СМИ, Интернет) формируются умения самостоятельно искать, анализировать и отбирать необходимую информацию, организовывать, преобразовывать, сохранять и передавать ее.

Различные интерпретации информационной компетентности предполагают выделение различных компонентов в ее структуре.

Так, В. В. Брежнев предлагает рассматривать следующие компоненты:

– когнитивный: знания об информации (знание различных источников информации, форм и методов работы с информацией, знание поисковых информационных систем, умение представлять информацию);

– операционно-деятельностный: работа с информацией (сбор и обработка информации, владение методами анализа, синтеза и обобщения информации, умения выбирать оптимальное решение);

– рефлексивно-коммуникативный: творческое применение информации (удовлетворенность информационной деятельностью, рефлексия результатов процесса работы с информацией, взаимодействие при передаче информации, коммуникацию и совместную деятельность) [5].

Анализ различных интерпретаций информационной компетентности позволяет выделить следующие ее основные компоненты: знания о том, что такое информация, каковы ее виды и формы, методы и приемы работы с ней; умения как способности осуществлять поиск, систематизацию, обобщение и интерпретацию информации; навыки применения информационно-коммуникационных (компьютерных) технологий для поиска и обработки информации, принятия решений; отношение к информационным технологиям, удовлетворенность уровнем своей информационной компетентности и стремление к так называемой информационной социализации (полноценной интеграции в информационное общество).

Различные аспекты проблемы использования информации в профессиональной деятельности спасателя (профессиональная надежность спасателя, формирование образа чрезвычайной ситуации и др.) нашли свое отражение в исследованиях М. А. Кремня, А. П. Герасимчика, О. В. Богомаз и др.

При построении модели информационной компетентности специалиста по чрезвычайным ситуациям (ЧС) целесообразно исходить из информационной модели процесса ликвидации ЧС. Эта модель состоит из следующих компонентов: информация о цели ликвидации ЧС – задания и команды, поступающие из центра оперативного управления (ЦОУ); инструментальная информация – система отображения информации (СОИ). Это информация о внешней среде (также иногда на СОИ подаются команды из ЦОУ); неинструментальная информация – звуки, запахи, температура и т. д. [6].

Следовательно, информационную компетентность специалиста по ЧС, или спасателя, можно интерпретировать как способность к восприятию и пониманию информации об окружающей среде и текущей обстановке; наличие научных и прикладных сведений, необходимых для осуществления профессиональной деятельности; владение современными способами поиска, обработки, обобщения и интерпретации информации для принятия решения в экстремальных условиях ЧС.

В настоящее время формирование информационной компетентности спасателя регламентируется требованиями к компетенциям специалиста. Например, к академическим относится компетенция «АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером», к профессиональным – «ПК-27. Проводить поиск и изучение научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования, осуществлять подготовку данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций» [7]. Аналогичные компетенции предусматривают стандарты высшего образования по другим помогающим профессиям – преподаватель, врач, педагог-психолог и др. Таким образом, сегодня реализуется единый подход к формированию информационной компетентности специалиста первой степени образования высшего образования.

Цель работы – анализ отношения обучающихся к информационным технологиям как компонентам информационной компетентности личности.

Методология и методы исследования

Выборочную совокупность исследования составили 57 студентов и слушателей курсов повышения квалификации учреждений высшего образования г. Гомеля (УО «Гомельский государственный медицинский университет», УО «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины» и др.). Средний возраст опрошенных составил 28 лет (более 75 % – моложе 30 лет).

Респондентам предложено оценить, насколько часто они используют информационные технологии и удовлетворены ли они своим уровнем владения информационными технологиями. Оценка личностной значимости использования информационных технологий и субъективной удовлетворенности степенью своей информационной компетентности основывалась на методике Т. Дембо, примененной в исследовании представлений о счастье у студентов университета [8]. Как и в исследованиях Т. Дембо, в нашем исследовании испытуемый также должен был интуитивно отметить на отрезке позицию, которую, как ему представляется, занимает он между двумя дихотомическими конструктами. Логика построения оценочных шкал была избрана следующая. На первом этапе исследования мы предложили испытуемым дать общую оценку необходимости использования информационных технологий в быту и профессиональной деятельности. На втором этапе респондентам нужно было оценить, насколько часто они сами используют информационные технологии. И, наконец, третий этап был посвящен самооценке своей информационной компетентности – степени удовлетворенности своим уровнем владения информационными технологиями.

Результаты исследования

Анализ эмпирических данных, полученных на первом этапе исследования, позволил выявить следующие закономерности. Средние оценки необходимости использования информационных технологий в быту составили 5,89; при исполнении профессиональных обязанностей – 7,05. Следовательно, респонденты в среднем да-

ют существенно более высокую оценку роли информационных технологий в профессиональной деятельности. Различия в средних были подтверждены с помощью критерия Манна-Уитни ($U = 1175,5; p < 0,01$). Было установлено, что 63 % опрошенных не могут обходиться без использования информационных технологий на работе и 44 % – в быту (таблица 1). При этом незначительное количество участников исследования считают, что без компьютера можно эффективно работать (7 %) и отдыхать (23 %). Кроме того, статистически значимая положительная корреляция между оценками роли информационных технологий в быту и на работе ($r = 0,39; p < 0,01$) позволяет говорить о том, что испытуемые, которые высоко оценивают значение компьютера для профессиональной деятельности, склонны выше оценивать его значение и в быту.

Таблица 1 – Оценка необходимости использования информационных технологий в быту и на работе ($n = 57$)

Дихотомические конструкты	В быту	На работе
Без информационных технологий невозможно обойтись (оценки 7–10 баллов)	44 %	63 %
Без информационных технологий легко обойтись (оценки до 3 баллов)	23 %	7 %

В ходе второго этапа исследования респондентам предложено оценить, насколько часто они сами используют информационные технологии. Средняя оценка частоты использования информационных технологий участниками исследования составила 7,65. Можно говорить о том, что информационные технологии используются испытуемыми практически постоянно. Не могут обходиться в своей повседневной жизни без компьютера 82 % опрошенных (оценки 7–10 баллов), и только 5 % указали, что не используют или редко используют информационные технологии (до 3 баллов). Таким образом, статистически значимое большинство участников исследования постоянно используют информационные технологии, что подтверждается с помощью биномиального критерия ($m = 47; p < 0,01$).

На третьем этапе исследования респондентам предложено оценить степень удовлетворенности своим уровнем владения информационными технологиями. Полученная в исследовании средняя оценка 6,20 балла позволяет говорить о среднем уровне удовлетворенности своей компетентностью в области информационных технологий. Таким образом, участники исследования испытывают недостаток знаний, умений и навыков в области информационных технологий, однако, осознают важность информационной компетентности личности в современных условиях. Полученные эмпирические данные позволили сделать несколько предположений: а) чем выше респонденты оценивают необходимость использования информационных технологий в профессиональной деятельности (в быту), тем ниже они оценивают уровень своей информационной компетентности; б) чем чаще участники исследования используют информационных технологии, тем выше оценивают уровень своей информационной компетентности; в) чем чаще участники исследования используют информационных технологии, тем выше оценивают необходимость использования информационных технологий в профессиональной деятельности (в быту).

Корреляционный анализ результатов первого и третьего этапов исследования не позволил выявить взаимосвязь между оценками необходимости использования информационных технологий в профессиональной деятельности (в быту) и уровнем своей информационной компетентности. Это может свидетельствовать о независимости этих

шкал. Испытуемые оценивали свою информационную компетентность без ориентации на представления о роли информационных технологий в современных условиях.

Для проверки предположения б) сопоставлены результаты второго и третьего этапов исследования. Корреляционный анализ результатов исследования позволил выявить статистически значимую взаимосвязь между частотой использования информационных технологий и самооценкой уровня своей информационной компетентности ($r = 0,40$; $p < 0,01$). Таким образом, постоянное использование информационных технологий с одной стороны расширяет возможности пользователя, его опыт, повышает самооценку своей информационной компетентности.

Проверка предположения в) позволила выявить статистически значимую корреляцию между частотой использования информационных технологий и оценками необходимости использования информационных технологий в быту ($r = 0,35$; $p < 0,05$). При этом взаимосвязи частоты использования информационных технологий с оценками необходимости использования информационных технологий в профессиональной деятельности выявить не удалось. Объяснением этому может служить отсутствие опыта профессиональной деятельности или недостаточный опыт профессиональной деятельности у молодых людей. Актуальная жизненная ситуация респондентов характеризуется преимущественным использованием информационных технологий в быту. В то же время вследствие обучения в учреждении высшего образования у них сформировались представления о невозможности эффективной профессиональной деятельности без использования современных информационных технологий.

Обсуждение результатов исследования

В результате проведенного исследования можно сделать следующие выводы и обобщения: отношение к информационным технологиям можно рассматривать в качестве рефлексивно-коммуникативного компонента информационной компетентности; рефлексия своей информационной деятельности (использования информационных технологий), а также самооценка своего уровня владения информационными технологиями (информационной компетентности) имеют особое значение для саморазвития личности в информационном обществе; информационная компетентность спасателя – это способность к восприятию и пониманию информации об окружающей среде и текущей обстановке; наличие научных и прикладных сведений, необходимых для осуществления профессиональной деятельности; владение современными способами поиска, обработки, обобщения и интерпретации информации для принятия решения в экстремальных условиях ЧС; участники исследования оценивают необходимость использования информационных технологий при выполнении профессиональных обязанностей (7,05) в среднем выше, чем в быту (5,89); при этом лишь незначительное количество участников исследования считают, что без компьютера можно эффективно работать (7 %) и отдыхать (23 %); практически постоянно используют в повседневной жизни компьютер 82 % опрошенных, и только 5 % указали, что не используют или редко используют информационные технологии; уровень удовлетворенности своей компетентностью в области информационных технологий можно определить как средний, что может говорить о недостатке у респондентов знаний, умений и навыков в области информационных технологий при осознании важности информационной компетентности личности в современных условиях.

Выявленная статистически значимая взаимосвязь между частотой использования информационных технологий и самооценкой уровня своей информационной компетентности позволяет определить в качестве ориентира для совершенствования

учебного процесса в учреждениях высшего образования расширение сферы использования информационных технологий. Современные информационные системы в учреждениях высшего образования, как правило, внедряются для оптимизации учебного процесса (электронные учебно-методические комплексы, системы тестового контроля знаний и др.). Однако мотивация к освоению и использованию электронных средств обучения есть прежде всего у преподавателей, специалистов по контролю знаний и других работников системы образования. Проведенное нами исследование показывает, что молодые специалисты нуждаются в специальных умениях и навыках использования специальных информационных систем, компьютерных программ, которые могли бы повысить эффективность их будущей профессиональной деятельности, оказались бы полезны в быту. Для будущего врача – это электронные истории болезни, онлайн регистратура и др.; для преподавателя – электронное расписание занятий, автоматизированные системы контроля знаний, учета успеваемости и др.; для спасателя – информационная система мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций; система информирования и оповещения населения в местах массового пребывания людей; база данных о пожарах и их последствиях и др.

Информационные технологии сегодня предоставляют широкие возможности для совершенствования профессиональной деятельности по ликвидации чрезвычайных ситуаций. Будущий спасатель в результате обучения в учреждении высшего образования должен быть готов к использованию современных информационных систем. Его информационная компетентность позволит организовать эффективное взаимодействие с группами и организациями внутри и вне системы управления ЧС. Кроме того, важно оперативно обеспечить необходимой информацией структурные подразделения системы управления в условиях ЧС, обеспечивать организацию работы штаба и принятие групповых и индивидуальных решений на различных уровнях управления. На наш взгляд, целесообразно интенсифицировать процесс разработки и внедрения информационно-аналитических систем с использованием данных, полученных со спутника, не только в практику работы подразделений Министерства по чрезвычайным ситуациям, но и в учебный процесс подготовки специалистов. Таким образом, формирование положительного отношения к информационным технологиям и, в конечном счете, информационной компетентности студентов – будущих спасателей является необходимым условием профессионального становления и саморазвития личности в информационном обществе.

Литература

- 1 Смолянинова, О. Г. Развитие методической системы формирования информационной и коммуникативной компетентности будущего учителя на основе мультимедиа-технологий : дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.02 / О. Г. Смолянинова. – СПб., 2002. – 504 с.
- 2 Семенов, А. Л. Роль информационных технологий в общем среднем образовании / А. Л. Семенов. – М. : МИПКРО, 2000. – 12 с.
- 3 Гендина, Н. И. Информационная грамотность или информационная культура: альтернатива или единство (результаты российских исследований) / Н. И. Гендина // Школ. б-ка. – 2005. – № 3. – С. 18–24.
- 4 Хуторский, А. В. Ключевые компетенции и образовательные стандарты / А. В. Хуторский. – Режим доступа: <http://www.eidos.ru/news/compet.htm>. – Дата доступа: 11.03.2015.
- 5 Брежнев, В. В. Содержание и структура информационной компетентности старшеклассника / В. В. Брежнев. – Режим доступа: <http://www.scientific-notes.ru/pdf/017-21.pdf>. – Дата доступа: 11.03.2015.

- 6 Кремень, М. А. Особенности формирования образа чрезвычайной ситуации у специалистов по ее ликвидации / М. А. Кремень, А. П. Герасимчик, О. В. Богомаз // Вестн. Команд.-инженер. ин-та МЧС Респ. Беларусь. – 2011. – № 2 (14). – С. 9–13.
- 7 Образовательный стандарт специальности 1-94 01 01 Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций ОСВО 1-94 01 01–2013 : утв. и введен в действие постановлением М-ва образования Респ. Беларусь от 30.08.2013 г. № 87. – Минск, 2013.
- 8 Люк, Х. Тамара Дембо: научный портрет на фоне XX века / Х. Люк, М. В. Волкова // Методология и история психологии. – 2011. – Т. 6, вып. 2. – С. 40–73.

Поступила в редакцию 11.02.2016

N. V. Gapanovich-Kaidalov

THE COMPONENTS OF INFORMATION COMPETENCE OF RESCUER

In this article attitude toward information technologies as a main component of information competence is considered. Estimation of the personal significance of information technology use and subjective satisfaction degree of their information competence was based on the approach of T. Dembo. The collected empirical material allowed us to determine the role and importance of information technologies in professional activity of a rescuer, to find out the ways of information competence development.

УДК 004.9

ОБУЧАЮЩИЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

С. Г. КОРОТКЕВИЧ, магистр технических наук
В. А. КОВТУН, доктор технических наук, профессор
К. А. АНДРЕЕВА
В. В. ДОМИН

*Государственное учреждение образования «Гомельский инженерный институт»
МЧС Республики Беларусь*

Проведен анализ существующих в Республике Беларусь программных продуктов, предназначенных для обучения методам и технологиям проведения пожарно-технического обследования объектов различного назначения. Описана актуальность рассматриваемого направления и существующие проблемные вопросы. Представлены собственные разработки доступных компьютерных решений для внедрения в учебный процесс учреждениями высшего образования спасательного профиля.

Ключевые слова: программный продукт, компьютерные технологии, пожарно-техническое обследование.

Введение

Развитие системы образования предъявляет повышенные требования к качеству подготовки дипломированных специалистов. От современного высшего учебного заведения требуется внедрение новых подходов к обучению, обеспечивающих, наряду с его фундаментальностью и соблюдением требований Государственных образовательных стандартов, развитие коммуникативных, творческих и профессиональных компетенций, потребностей в самообразовании на основе потенциальной многовариантности содержания и организации образовательного процесса. Именно информатизация, формирование образовательной среды учебного заведения на основе информационных и коммуникационных технологий способствует решению этих задач [1].

Современные информационные технологии характеризуются компьютерной обработкой информации, хранением больших объемов данных и быстрым обменом информацией. Применительно к образованию данные технологии рассматриваются как процесс обучения или как средство обучения. В одном случае речь идет о внедрении новых компьютерных средств и методов обучения в образовательный процесс, а ругом – о создании некоторой среды обучения с применением компьютерных технологий. Применение современных подходов в образовательной деятельности дает преподавателям возможность совершенствовать методы обучения [2]. Сочетание традиционных методов обучения и новых компьютерных технологий позволяет решить задачу повышения уровня образовательного процесса, качества обучения, а также усилить мотивацию для получения знаний.

Программные продукты в области обеспечения пожарной безопасности

Одной из основных функций Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь является осуществление государственного пожарного надзора с целью нахождения и оперативного устранения нарушений требований по пожарной безопасности. С целью нахождения существующих программных продуктов, предназначенных для обучения специалистов в данной области, был проведен анализ в профильных учреждениях высшего образования Республики Беларусь.

Компьютерная фирма VironIT, занимающаяся разработкой мобильных средств программного обеспечения [3], по заказу Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь в 2010 г. создала компьютерную программу для подготовки специалистов органов государственного пожарного надзора по проведению пожарно-технического обследования промышленных объектов, но в дальнейшем не получила широкого практического применения.

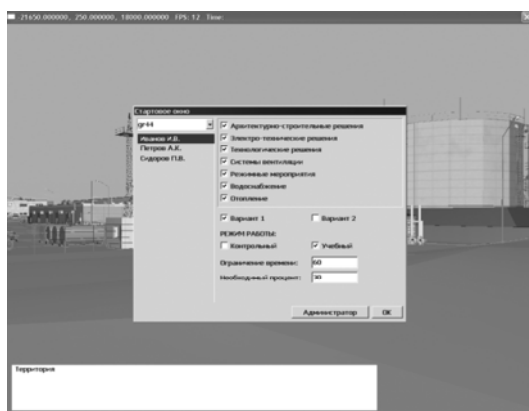


Рисунок 1 – Меню выбора задания



Рисунок 2 – Проведение обследования объекта

Суть программы заключается в обучающем обследовании объекта с целью выявления нарушений требований пожарной безопасности (рисунок 1) на примере построенного 3D макета, внутри которого можно перемещаться по различным помещениям (рисунок 2). На начальном этапе было проведено пробное внедрение для проведения обучения, но в дальнейшем, в связи с частым изменением технических нормативных правовых актов системы противопожарного нормирования и стандартизации, стало необходимо постоянно обновлять данные по проверяемым объектам. Сложность написания программы требовала постоянной зависимости от разработчика для редактирования и дальнейшего сопровождения, что означало необходимость постоянного финансирования проекта.

В Командно-инженерном институте МЧС Республики Беларусь в настоящее время существует учебный программный продукт «Мой безопасный дом», разработанный на основе 3D компьютерных технологий и предназначенный в основном для обучения гражданского населения правилам пожарной безопасности в быту. Учебная программа обеспечивает формирование знаний о пожарной безопасности, навыков осознанного и безопасного поведения, создает условия для усвоения и закрепления полученных знаний о правилах пожарной безопасности, а также эффективную выработку у обучающихся навыков идентификации нарушений [4].



Рисунок 3 – Проведение обследования помещения частного дома

В программе отображается трехмерная модель квартиры с различными комнатами, при наведении курсора на объекты активизируются наиболее опасные предметы: розетки, бытовые и нагревательные приборы и ряд других элементов (рисунок 3). Далее программа предлагает самостоятельно определить самые опасные объекты и участки в комнате.

В процессе практического использования подобных программных продуктов наблюдается ряд проблемных моментов:

- необходимость постоянной корректировки в связи с периодическими изменениями действующих технических нормативных правовых актов, что означает постоянное привлечение специализированных сотрудников из отдельных компьютерных фирм;
- высокая стоимость разработки;
- недостаточное количество исследуемых локаций;
- использование компьютерной графики не позволяет в полной мере визуализировать существующую обстановку на обследуемом объекте.

Разработка обучающего программного комплекса для проведения пожарно-технического обследования объектов различного назначения

Одним из путей решения существующих проблемных вопросов при создании обучающих программных продуктов является применение общедоступных программных средств. Наиболее полной передачей информации о возможных нарушениях требований пожарной безопасности является демонстрация фотоматериалов с обследуемого объекта. Делая качественные фотографии при проведении пожарно-технического обследования и, в итоге, объединив их в единую среду при определенном заданном переходе, можно воспроизвести виртуальное посещение данного объекта с наглядной демонстрацией основных возможных нарушений. Одним из самых доступных решений для реализации данного проекта является программа PowerPoint компании Microsoft.

В ГУО «Гомельский инженерный институт» МЧС Республики Беларусь одним из видов практических занятий является выезд курсантов на объекты промышленности для осуществления учебного пожарно-технического обследования. Это дает возможность апробировать и применить в дальнейшем полученные знания на практике. Часто данные выезды затруднены по различным причинам: согласование с руководством объекта, транспортная доступность, погодные условия и ряд других причин. Также обучающиеся могут пропустить выезд из-за особенностей учебного

заведения специального профиля, в том числе несения службы в нарядах и караулах. В таких случаях разработка интерактивных обучающих программных комплексов позволит всем получить возможность изучить особенности объекта и поучаствовать в его обследовании.

На основе использования в полном объеме всех функций, заложенных в программу PowerPoint, создан учебный комплекс для обучения правильности проведения пожарно-технического обследования объектов различного назначения. В разработанном учебном комплексе объединены несколько режимов: обучение, тестирование, контроль. Получив во время занятий необходимую теоретическую базу, следующей задачей является обучение правильному и обоснованному ее применению, для чего необходимо предоставить обучающемуся возможность самостоятельно выявить нарушения на объекте. При этом пользователь, включив *режим контроля*, при переходе по слайдам имеет возможность вносить в протокол все нарушения, которые он находит, для чего добавлена функция открытия Word документа на каждом слайде. В результате обучающийся формирует у себя практический опыт работы.

Работая в *режиме обучения*, пользователь, переходя по слайдам (рисунок 4) и нажимая на интересующие отмеченные области (рисунок 5), используя функцию гипертекстовых ссылок, может получить информацию о каких-либо нарушениях пожарной безопасности со ссылкой на документ, в котором это прописано.



Рисунок 4 – Обследование автобусного парка

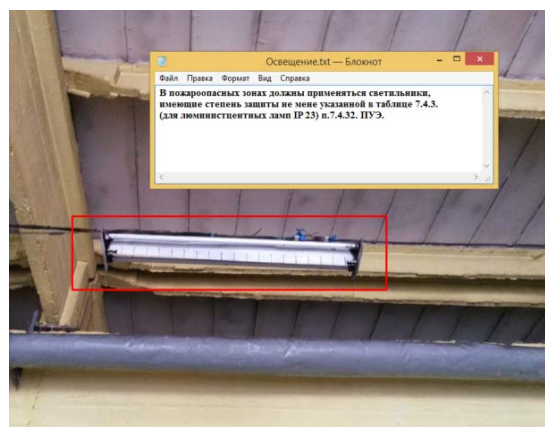
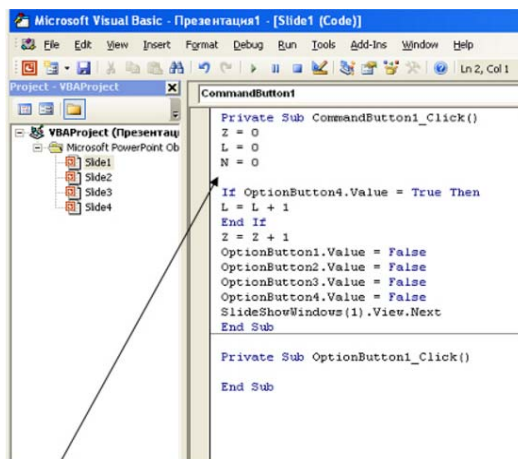


Рисунок 5 – Описание объекта

Необходимо отметить, что разработанный обучающий программный комплекс позволяет создавать интерактивные тесты с использованием языка программирования Visual Basic for Application, который является упрощенной реализацией языка программирования Visual Basic в линейке продуктов Microsoft Office [5]. К достоинствам Visual Basic можно отнести сравнительную легкость освоения, благодаря которой приложения могут создавать даже пользователи, не владеющие профессиональными навыками в области программирования (рисунок 6).



Запишем следующий код:

Рисунок 6 – Пример создания интерактивного теста в среде Microsoft PowerPoint

В режиме тестирования на некоторых слайдах предлагается ответить на вопросы (рисунок 7), после чего переход осуществляется через нажатие на специально выделенные области (рисунки 8 и 9). Определенным цветом выделены места, к которым непосредственно относится вопрос и обозначается переход в следующее помещение.



Рисунок 7 – Пример теста



Рисунок 8 – Начало проведения обследования объекта

Для создания теста с функцией учета количества вопросов, количества верно выполненных заданий, процента выполнения заданий и выставления оценки (рисунок 10) не требуется долгой и кропотливой работы, достаточно вписать алгоритм действий и объяснение строк используемого кода.



Рисунок 9 – Место ремонта автотехники

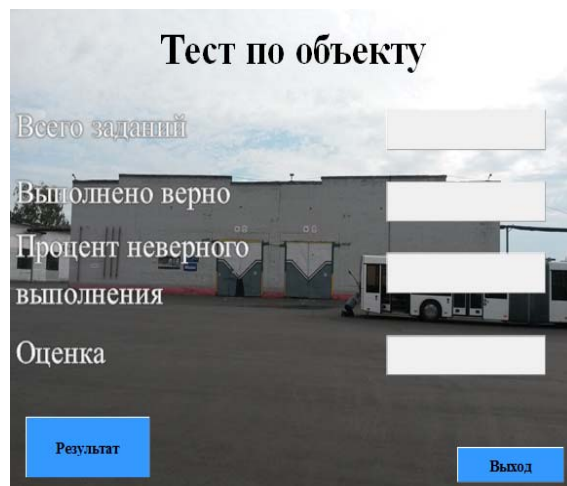


Рисунок 10 – Результат прохождения теста

Заключение

В настоящее время информационные технологии являются неотъемлемой частью процесса получения образования. Описанные методологические и технические подходы по использованию в учебном процессе разработанного обучающего программного комплекса, основанные на усовершенствованных методах изучения материала, должны в особенности внедряться в учреждениях образования спасательного профиля, потому как от качества полученных знаний специалистов зависят жизни и здоровье людей, сохранение материальных ценностей на промышленных и гражданских объектах. Таким образом, внедрение в процесс обучения в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций разработанного обучающего комплекса имеет большое значение для повышения качества образования и позволяет пользователям наглядно получать информацию о возможных нарушениях пожарной безопасности, проявлять больший интерес к изучению учебной дисциплины с одновременным формированием практических навыков для дальнейшей работы.

Литература

- 1 Угринович, Н. В. Информатика и информационные технологии : учеб. пособие / Н. В. Угринович. – М. : БИНОМ, 2001. – 44 с.
- 2 Горбунова, Л. И. Использование информационных технологий в процессе обучения / Л. И. Горбунова, Е. А. Субботина // Молодой ученый. – 2013. – № 4. – С. 544–547.
- 3 Частные компании // Компьютер. графика. – Режим доступа: <https://companies.dev.by/vironit/discussions>. – Дата доступа: 15.02.2016.
- 4 Полещенкова, М. Н. Учимся играя / М. Н. Полещенкова // Служба спасения. – 2015. – № 12. – С. 46–49.
- 5 Симонович, С. В. Общая информатика / С. В. Симонович. – СПб. : Феникс, 2008. – 431 с.

Поступила в редакцию 25.12.2015

S. G. Korotkevich, V. A. Kovtun, K. A. Andreeva, V. V. Domin
**THE TRAINING PROGRAM COMPLEX FOR CONDUCTING FIRE-
TECHNICAL INVESTIGATION OF DIFFERENT OBJECTS**

The analysis of existing of software products in the Republic of Belarus was carried out. They are designed to teach the techniques and fire-technical investigation technologies of different objects. The relevance of the concerned direction and the existing problem questions are described. The personal developments of simple computing solutions are presented. They are used for the implementation to the learning process of rescue higher educational establishments.

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОЙ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УДК 614.842.6

МОБИЛЬНЫЙ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

С. А. АЛЕКСЕЕНКО¹, кандидат технических наук, доцент
И. А. ШАЙХЛИСЛАМОВА¹, кандидат технических наук, доцент
А. С. МАСУР²

¹Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет»,
г. Днепрпетровск, Украина

²Днепрпетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна, Украина

Предложен мобильный многофункциональный комплекс для локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Разработанный комплекс предназначен для тушения крупных (больших) пожаров и нейтрализации аварийных выбросов в атмосферу.

Ключевые слова: авария, аварийная зона, катастрофа, мобильный комплекс, пожар, чрезвычайная ситуация.

Введение

Ежегодно в Украине возникает более 500 чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Уровень природно-техногенной безопасности страны в значительной степени обусловлен чрезмерными техногенными нагрузками на природную среду. Промышленные районы представляют собой зоны с чрезвычайно высокой степенью риска возникновения аварий и катастроф техногенного происхождения. Этот риск возрастает вследствие использования устаревших технологий и оборудования (изношенность основных фондов в Украине составляет 50 %), низких темпов обновления и модернизации производства (треть объема продукции в Украине производится на потенциально опасных предприятиях). К таким объектам относят: химически опасные объекты, радиационно опасные предприятия, взрыво- и пожароопасные объекты, а также гидродинамические опасные сооружения.

В настоящее время на всех континентах Земли продолжают эксплуатироваться тысячи опасных объектов с такими запасами радиоактивных веществ, отравляющих и взрывчатых веществ, которых достаточно для нанесения невосполнимых потерь окружающей среде и даже для полного уничтожения жизни на Земле.

Крупные аварии, катастрофы не имеют национальных границ, ведут к гибели людей, имеют огромные экологические и экономические последствия и создают социально-политическую напряженность. Все эти обстоятельства требуют решения вопросов совершенствования защиты и жизнеобеспечения населения, организации ведения и технического обеспечения.

Авария на Чернобыльской АЭС, произошедшая в 1986 г. в Украине, по совокупности последствий является самой крупной техногенной катастрофой в истории человечества. Она затронула судьбы миллионов людей, проживающих на огромных территориях не только бывшего Советского Союза, но и Европы [1]. Свыше сотни тысяч человек преждевременно ушли из жизни, несколько миллионов человек стали вынужденными переселенцами. На территориях Беларуси, Украины и России образовались крупномасштабные зоны отчуждения, полностью выведенные из хозяйственного оборота этих стран. Масштаб и размеры чернобыльской аварии ранее не прогнозировались.

После чернобыльской аварии началось осуществление многочисленных научно-исследовательских программ, и в Национальном горном университете (НГУ) также была поставлена задача разработки и создания мобильного многоцелевого универсального комплекса для эффективной работы в условиях чрезвычайной ситуации. Предполагалось, что техническое средство должно включать комплекс устройств для формирования жидкостных и газовых струй, диспергирования пылеподавляющих составов и композиций, облучения загрязненной зоны акустическими волнами и системы контроля, управления, защиты. Очевидна целесообразность базировать такие устройства на шасси повышенной проходимости, оборудовать его автономным источником энергии, емкостями для размещения рабочих компонентов, а также надежной системой жизнеобеспечения операторов, позволяющей работать в условиях радиоактивного поражения.

Основная часть

Работы в НГУ по созданию мобильного многофункционального комплекса проводились в начале 2000-х гг., и результатом работ явилась разработка основных положений мобильного многофункционального комплекса для подавления радиоактивной пыли применительно к условиям чернобыльской зоны, представляющего собой шестисотый вездеход. По результатам выполненной работы были сделаны доклады на Международном симпозиуме «Комплексная безопасность России – исследование, руководство, опыт» (г. Москва, 2002) и на VII Всеукраинской научно-практической конференции «Пожарная безопасность и аварийно-спасательное дело: состояние, проблемы и перспективы» (г. Киев, 2005) на тему «Мобильный комплекс для тушения пожаров и нейтрализации выбросов», в котором впервые была описана разработанная конструкция предполагаемого мобильного комплекса и его функциональные возможности [2]. Проведенные нами теоретические исследования по способам нейтрализации аварийных выбросов в атмосферу [3] позволили выявить и провести системный анализ процессов обработки загрязненной атмосферы, что позволило доработать мобильный комплекс для тушения пожаров и нейтрализации аварийных выбросов. В более поздней работе (патент RU 54795 U1, 27.07.2006) авторами [4] был разработан и описан многофункциональный передвижной пожарно-спасательный комплекс, установленный на шасси, содержащий корпус, снабженный отсеками для пожарного оборудования, высоконапорную помпу, емкость для пенообразователя, цистерну для воды, внутри которой размещена емкость для пенообразователя, при этом корпус установлен на двухосном или гусеничном шасси, снабжен дополнительными отсеками для спасательного оборудования и автономного электрогенератора, на задней части корпуса расположены гидрокоммуникации для комбинированной подачи огнетушащих веществ на зону горения, лестница для подъема на крышу корпуса, где также размещен переносной лафетный ствол с системой одновременной подачи огнетушащих веществ, осветительная мачта с прожекторами, всасывающий рукав. По мнению авторов [5], вышеуказанный комплекс не может обеспечить проведение всех работ по локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Но это нельзя считать недостатком, так как авторами [4] ставилась задача разработать именно такой многофункциональный передвижной пожарно-спасательный комплекс.

Мобильный комплекс для локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций, приведенный в работе [5], является более универсальным и включает средства, обеспечивающие локализацию и ликвидацию последствий чрезвычайной ситуации, которые состоят из отдельных модулей. Средства обеспечивают локализацию и включают инженерно-разведывательный модуль, который состоит из автомобиля с разведывательно-робототехническим комплексом и прицепа с инженерным оборудованием, и обеспечивают ликвидацию последствий чрезвычайной ситуации. Комплекс состоит из автономных модулей, а именно: из автомодуля энергоснабжения подачи средств локализации, автомодуля доставки средств, автомодуля обеспечения защиты личного состава, автомодуля управления связи и жизнеобеспечения, автомодуля доставки текучих материалов, твердых и сыпучих материалов, автомодуля питания и обеспечения. За счет этого достигается повышение эффективности работы по локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Автономный мобильный многоцелевой комплекс для локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций предназначен для локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций, требующих:

- тушения природных, подземных и техногенных пожаров, в том числе на высотах и глубинах до 350 м;
- локализации выбросов аварийно-химически опасных веществ и ликвидации их разлива, в том числе при авариях в космической отрасли;
- аварийного тепло-, водо-, электроснабжения объектов, в том числе в условиях низких температур воздуха;
- разрушения снежно-ледовых масс, в том числе ледяных заторов на водоемах;
- оказания помощи пострадавшим, в том числе заблокированным аварийными конструкциями и в завалах;
- ликвидации засоров в коммуникациях и очистки поверхностей от загрязнений, в том числе углеводородных.

К основным недостаткам этого комплекса относится сложность предлагаемой конструкции, а следовательно, не достаточно надежные условия его применения и дороговизна.

Мобильный многофункциональный комплекс, разработанный в НГУ для эффективной работы в условиях чрезвычайной ситуации, кроме подавления радиоактивной пыли может быть применен:

- для тушения крупных пожаров (на лесных массивах, торфяных месторождениях, объектах химической промышленности, нефтегазовых объектах, при уборке хлеба);
- на АЭС (аварийные выбросы радиоактивных веществ, пожары);
- при производстве токсичных и взрывчатых веществ;
- на железнодорожных станциях при авариях (цистерны с кислотой и щелочью).

Разработанный нами мобильный многофункциональный комплекс (МПК) для локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций показан на рисунке 1. Основными элементами (подсистемами) МПК являются:

- самоходное шасси повышенной проходимости;
- автономный источник энергии;
- система огнегасительного вещества;
- генератор жидкостных струй;
- генератор воздушных, водо-воздушных, газовых и аэрозольных свободных турбулентных струй;
- система управления и система жизнеобеспечения операторов.

Огнегасительными веществами комплекса являются: вода, воздух, растворы, порошки, пена и негорючие газы.

Обработка аварийных объектов может производиться одновременно несколькими различными струями и огнегасительными веществами.

Комплекс оборудован двумя мониторами, позволяющими выбрасывать струи рабочей жидкости. Дальность жидкостных струй – до 100 м с расходом 200 л/с, газо-жидкостных и аэрозольных струй – до 300 м. Обработка аварийной зоны может производиться по сектору, кругу или полосами, с изменением или фиксацией угла наклона струй.

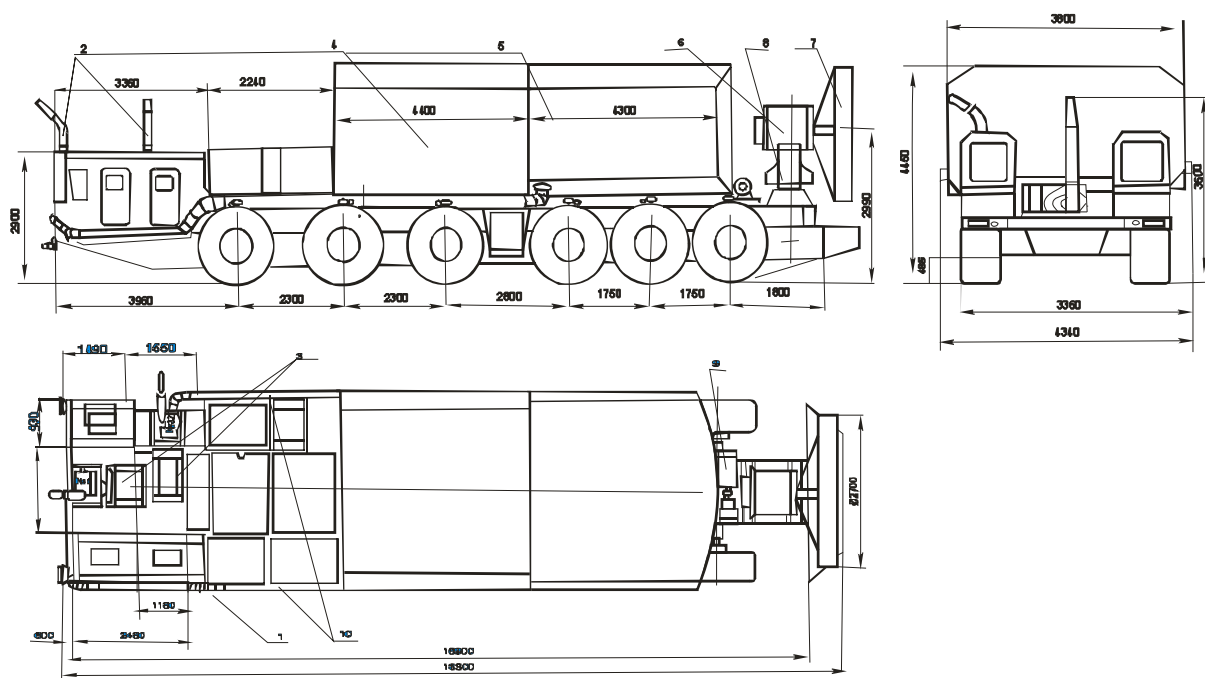


Рисунок 1 – Схема мобильного многофункционального комплекса для локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций конструкции НГУ:

- 1 – колесное шасси МАЗ-7916 (7917); 2 – дождеватель дальнеструйный навесной ДДН-100; 3 – электродвигатель тяговый постоянного тока ЗАЛ 2943 гN (от троллейбуса 9 TP) – 110 кВт; 4 – дизель-генератор: ДТ 600А (дизель СДМ-21А; генератор ГПА-600); 5 – емкость с рабочим телом (30 м³); 6 – электродвигатель постоянного тока ДК-722А (от БелАЗ-75191, 360 кВт); 7 – винт воздушный гидравлический 3-полосной В508Б (от самолета Л-410); 8 – опорно-поворотный механизм винта; 9 – насос для заправки емкостей, подачи воды к форсункам, распылителям; 10 – трубопроводы

Разработанный многофункциональный комплекс обладает высокой проходимостью и маневренностью, в том числе на пересеченной местности, песчаных и каменистых грунтах, на болотистой и заснеженной местности.

Мобильный комплекс конструкции НГУ может быть оперативно доставлен к месту работы железнодорожным или водным транспортом, большегрузными транспортными самолетами или своим ходом. После доставки комплекса на место чрезвычайной ситуации он может быть включен в работу без дополнительной сборки.

Заключение

Предлагаемый комплекс особое значение приобретает в экстремальных условиях при чрезвычайных ситуациях. Он позволит оперативно и надежно решать вопросы, связанные с локализацией и ликвидацией различных чрезвычайных ситуаций.

Разработчики комплекса видят дальнейшие перспективы его совершенствования в системной автоматизации реализуемых технологических процессов, т. е. по существу превращения мобильного комплекса в современную роботизированную многофункциональную систему, способную решать широкий круг задач по ликвидации чрезвычайных ситуаций и защите окружающей среды. Предусматривается комплектация системы беспилотными летательными аппаратами для осуществления функций мониторинга окружающей среды.

Литература

- 1 Малышев, В. П. Уроки преодоления чернобыльской катастрофы: 25 лет спустя / В. П. Малышев // Проблемы анализа риска. – 2011. – Т. 8, № 2.
- 2 Алексеенко, С. А. Мобильный комплекс для тушения пожаров и нейтрализации выбросов / С. А. Алексеенко, В. И. Бондаренко, В. И. Муравейник // Пожежна безпека та аварійно-рятувальна справа: стан, проблеми і перспективи (Пожежна безпека – 2005) : Матеріали УІІ Всеукраїнської наук.-практ. конф. – Київ : УкрНДІПБ МНС України, 2005. – С. 157.
- 3 Шайхлисламова, И. А. Теоретические основы и перспективные способы нейтрализации аварийных выбросов в атмосферу / И. А. Шайхлисламова, С. А. Алексеенко, А. С. Масур // Актуальні проблеми в сферах науки і шляхи їх вирішення : щомісячний збірник матеріалів конференції, № 2, Львів. – С. 18–23.
- 4 Многофункциональный передвижной пожарно-спасательный комплекс : пат. 54795 Российская Федерация, МПК В60Р 3/00, А62С 27/00 ; опубл. 27.07.2006.
- 5 Мобильный комплекс для локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций : пат. 2548828 Российская Федерация, МПК В60Р 3/00, А62С 27/00 / И. М. Тетерин, М. В. Алешков, А. Д. Ищенко [и др.] ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий». – № 2013154749/11 ; заявл. 11.12.2013 ; опубл. 20.04.2015, бюл. № 11. – 15 с. : ил.

Поступила в редакцию 01.03.2016

S. A. Alekseenko, I. A. Shaykhlislamova, A. S. Masur
MOBILE MULTIFUNCTIONAL UNIT FOR LOCALIZATION AND LIQUIDATION OF EMERGENCY SITUATIONS

The article deals with a mobile multifunctional unit for emergency containment and recovery. The unit has been designed for extinguishing of large fires and the neutralization of emergency emissions into atmosphere.

УДК 678.046:620.197

ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ НЕФТЕПРОВОДОВ

В. А. Гольдаде^{1,2}, доктор технических наук, профессор

И. В. Царенко³, кандидат технических наук, доцент

М. П. Кульгейко³, кандидат технических наук, доцент

Е. Н. Волнянко², кандидат технических наук, доцент

¹ Учреждение образования «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины», Республика Беларусь

² Государственное научное учреждение «Институт механики металлополимерных систем имени В. А. Белого НАН Беларуси», г. Гомель

³ Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Рассмотрены основные тенденции использования полимерных материалов для защиты стальных нефтепроводов от аварий, вызываемых их коррозионным разрушением. Дана характеристика материалов, применяемых для защиты трассовых трубопроводов.

Ключевые слова: противокоррозионная защита, трубопроводы, полимеры, покрытия, липкие ленты.

Введение

Происходящие на нефтепроводах аварии приводят к значительным экологическим бедствиям и росту зон чрезвычайных экологических ситуаций. При повреждении нефтепровода формируются нефтегенные потоки, которые через подземное внутрипочвенное движение попадают в водоемы и водотоки. Их опасность обусловлена еще и тем, что они не поддаются воздействию поверхностных факторов разрушения – фотохимическому и микробиологическому разложению. Их трудно обнаружить и предотвратить дальнейшее распространение. Учитывая огромную протяженность магистральных и промысловых трубопроводов (например, по России они составляют более 580 тыс. км [1]), эти чрезвычайные ситуации представляют собой огромную экологическую опасность. Ежегодно на трубопроводах происходят тысячи случаев утечки нефти. Так, например, по данным Министерства топлива и энергетики Российской Федерации в среднем в России происходит около 20 тыс. прорывов нефтепроводов в год, т. е. около 55 прорывов в день [2]. Среди этих прорывов ежегодно происходит несколько крупных. В целом по России по разным оценкам на почву разливается от 2 до 10 % добываемой нефти [1, 3]. Если учесть, что в России ежегодно добывают более 300 млн т нефти, то ее потери каждый год составляют от 6 до 30 млн т.

Основной причиной этих аварий (по некоторым источникам до 80 % [1, 4]) является коррозия труб. Особую опасность коррозионного воздействия подтверждает зависимость числа аварий на нефтепроводах от характера местности. Как установлено по опыту нефтепромыслов Западной Сибири, подавляющее большинство аварий происходит на нефтепроводах, проложенных в почвах, обладающих повышенной коррозионной активностью: в болотах (60 % случаев) и на заболоченной местности (26,8 %) [4].

Для защиты трубопроводов от коррозии применяют специальные мероприятия. Согласно ГОСТ Р 51164 «Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии» и ВСН 008-88 «Строительство магистральных и промышленных трубопроводов. Противокоррозионная и тепловая изоляция» все трубопроводы для транспортировки нефти в обязательном порядке должны быть защищены от коррозии с помощью специальных изоляционных материалов. Принцип их защитного действия заключается в изоляции металлической поверхности трубопровода от почвенного электролита (для подземных трасс) и от влаги и кислорода воздуха (для надземных конструкций), что предотвращает почвенную и электрохимическую коррозию. Для обеспечения эффективной защиты к изоляционным материалам предъявляется достаточно большое количество требований. Они должны обеспечить: водонепроницаемость и сплошность, адгезию к металлической поверхности, электрохимическую нейтральность и химическую стойкость, механическую прочность и термостойкость, а также обладать приемлемыми экономическими свойствами (экономичность и недефицитность компонентов покрытия) и технологическими параметрами (возможность механизировать технологию нанесения покрытия). На сегодняшний день номенклатура материалов, отвечающих этим требованиям защиты, достаточно широка – от битумных мастик до сложных многослойных покрытий, и существует проблема выбора наиболее оптимального решения защиты.

Настоящая работа посвящена анализу материалов, применяемых на сегодняшний день для защиты металла нефтепровода от коррозионного разрушения и препятствующих таким образом росту чрезвычайных экологических ситуаций, вызываемых авариями на нефтепроводных трассах, а также изучению их свойств, структуры и принципа действия.

Полимерные лакокрасочные и эмалевые покрытия

Разнообразие полимерных лакокрасочных и эмалевых покрытий достаточно велико [5]. К ним относятся покрытия на основе дивинилацетелена, различных смол (эпоксидных, полиэфирных, виниловых и т. д.), полиуретанов и др. Лакокрасочные материалы представляют собой сложную композицию, и их защитные свойства зависят от содержащихся компонентов: вида отвердителя, наполнителя, пластификатора, пигмента и модификатора. Лакокрасочные покрытия имеют, как правило, многослойную структуру, включающую улучшающий адгезию грунтовочный слой, увеличивающую механическую прочность шпатлевку и слой эмали и лаков, обеспечивающий стойкость и непроницаемость покрытий.

Из этой группы защитных материалов достаточно широкое распространение получили составы на основе эпоксидной смолы (эмали ЭП 773, ЭП 255); материалы на основе лака этиноль (этинолевые эмали), обладающие большой сплошностью, высоким электросопротивлением, хорошей адгезией к металлу и технологичностью (легко наносятся с помощью пистолетов-распылителей).

Битумные покрытия

Битумные покрытия (мастики и ленты) также являются многокомпонентными системами, содержащими, кроме битумной основы, наполнители и пластификаторы. В качестве основы используют нефтяные битумы строительные, изоляционные и специальные. Наполнитель вводят в состав для повышения механической прочности и вязкости. По виду наполнителя различают мастики: битумно-минеральные, содержащие тонкомолотые горные породы (доломит, известняк, талькомагнезит, асбест); битумно-резиновые, содержащие резиновую крошку (продукт переработки автопокрышек); би-

тумно-полимерные, содержащие различные виды полимерных материалов – атактический полипропилен (битумно-атактическая мастика), низкомолекулярный полиэтилен (битумно-асбополимерная мастика).

Лучшими пластифицирующими компонентами для таких материалов являются полимерные продукты – полидиен и полиизобутилен. Содержание пластификатора определяется рабочей температурой мастики (более низкая температура эксплуатации требует большего содержания пластифицирующих реагентов). Битумные покрытия, как правило, являются составами горячего нанесения: их готовят в битумоварочных котлах при температурах 170–180 °С (размягчение битума и введение рецептурных компонентов). Рабочие температуры нанесения мастики составляют 150–170 °С.

Конструкция противокоррозионных мастичных покрытий, как правило, включает три слоя: грунтовочный, слой мастики и оберточный или армирующий. Битумная грунтовка представляет собой слой растворенного в бензине битума. А в качестве армирующе-оберточных материалов применяют: бризол (битумнорезиновый изоляционный рулонный материал), гидроизол (пропитанный окисленными нефтяными битумами асбестовый картон), бикарул (рулонный материал из смеси битума, каучуков, полиэтилена, наполнителей и пластификаторов), обертки полимерно-дегтебитумные (ПДБ), обертки полимерно-резинодегтебитумные (ПРДБ), нетканый стеклохолст (рулонный материал из перекрещенных стеклянных волокон, склеенных синтетическими связующими – карбомидной смолой, поливинилацетатной эмульсией).

На территории Беларуси основными производителями битумнополимерных мастик для изоляции стальных нефтепроводов являются опытно-экспериментальное производство «Мадикор» при Белорусском дорожном научно-исследовательском институте «БелдорНИИ» (г. Минск) и ООО «Кровальянс» (г. Новополоцк). Предприятие «Мадикор» изготавливает мастики горячего нанесения: битумно-резиновые изоляционные марок МБР-75 и МБР-90 и битумно-полимерные Мадикор-75, Мадикор-90. ООО «Кровальянс» производит битумно-полимерную мастику горячего нанесения ФлекиМаст-Т.

Кроме битумных составов горячего нанесения применяются полимернобитумные материалы холодного нанесения: полимернобитумные ленты, например производимые ЗАО «Промизоляция» (Россия, Н. Новгород) рулонные изоляционные материалы ЛИТКОР (на основе битумной мастики Транскор) и ЛИТЭП (на основе мастики Битеп).

Полимерные ленты

В качестве основы изоляционных полимерных лент применяют в основном поливинилхлорид (ПВХ), полиэтилен (ПЭ) или полипропилен (ПП). При этом различают полимерные ленты холодного нанесения (липкие ленты) и горячего нанесения (термосадочные ленты). Как правило, конструкция изоляционного покрытия с использованием полимерных лент состоит из слоя грунтовки и одного или нескольких слоев полимерной ленты. Кроме этого может применяться еще и слой обертки (бризол, гидроизол, изол и др.). К достоинствам этих материалов относятся высокие электроизоляционные, антикоррозионные и механические свойства в сочетании с пластичностью, водостойкостью, легкостью механической обработки. Такая изоляция долго сохраняет свои свойства на открытом воздухе. Кроме того, производительность работ при изоляции полимерными лентами выше, чем при использовании битумных покрытий.

Полимерные ленты из поливинилхлорида используют на трубопроводах диаметром 1020 мм при температуре перекачиваемого продукта не выше +35 °С, из полиэтилена – на трубах диаметром не более 1420 мм с температурой перекачиваемого продукта не выше +60 °С.

С использованием полимерных лент может применяться комбинированная изоляция, состоящая из грунтовки, слоя мастики и верхнего слоя изоляционной полимерной

ленты. Кроме этого, для предохранения изоляции от механических повреждений в случае прокладки в особо не благоприятных районах (под железнодорожными и автомобильными дорогами, в подводных переходах) применяют дополнительные защитные обертки.

По общепринятому международному стандарту трассовые трубопроводы для нефти, газа и других сред защищают от коррозии специальными покрытиями, которые формируют намоткой на трубы лент на полимерной основе, снабженных клейким слоем [6, 7]. В отличие от покрытий «горячего» нанесения технология изоляции труб лентами с клейким слоем не требует стационарного оборудования и значительного расхода энергии на оплавление полимерного слоя. Процесс «холодной» облицовки позволяет наносить изоляцию на трубы не только в заводских условиях, но и на месте их укладки в траншею, легко поддается автоматизации. Во всем мире известны липкие ленточные материалы для трубоизоляции, выпускаемые фирмами Polyken (США), СПИ-Батиньоль (Франция), Nitto (Япония), Long Products Ltd. (Англия). Они представляют собой полиолефиновые или ПВХ ленты, снабженные клейким слоем на основе каучуков или каучуковых смоляных композиций. В России крупным производителем лент такого типа (торговая марка «Полилен») является ПО «Трубоизоляция».

Стандартная технология нанесения покрытий с помощью липких лент на трубы (в заводских условиях) или на смонтированный трубопровод (при полевом ремонте) состоит из следующих операций:

1) нанесение грунтовочного слоя из жидкого быстросохнущего праймера, который должен хорошо смачивать поверхность трубы и заполнять ее неровности, образуя водонепроницаемый слой; праймер обычно содержит контактные ингибиторы коррозии и бактерицидные добавки;

2) формирование барьерного слоя методом намотки дублированной клеевым слоем ПВХ или ПЭ ленты; клеевой слой содержит ингибиторы коррозии (ИнК) или гидрофобизирующие агенты;

3) намотка наружного слоя, защищающего противокоррозийную изоляцию от механических повреждений при перевозке и монтаже трубопровода; материалом этого слоя служит толстая (до 0,5 мм) ПЭ пленка – носитель клейкого покрытия.

Нанесение изоляции осуществляют с помощью специального оборудования, обеспечивающего намотку лент внатяг без складок, внахлестку в 15–25 мм. Схема формирования защитного покрытия показана на рисунке 1. Нанесение покрытий при полевом ремонте трубопроводов осложнено необходимостью подъема на опоры стыков трубопровода, которые предварительно выкапывают из грунта до обнажения нижней части трубы. Подъем осуществляют с помощью домкратов или надувных воздушных мешков. По критерию затрат времени и труда операция подъема трубопровода более эффективна, чем удаление грунта из-под него.

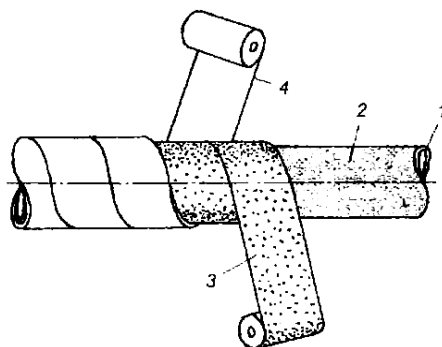


Рисунок 1 – Формирование на трубопроводе покрытия на основе липких полимерных лент: 1 – стальной трубопровод; 2 – слой грунтовки; 3 – барьерное покрытие; 4 – защитный слой

Методология введения ингибиторов коррозии (преимущественно – контактных) в грунтовочный слой аналогична модифицированию ингибиторами лакокрасочных покрытий. В клеевой состав барьерного слоя вводят ИнК, представляющие собой смесь солей циклогексиламина и синтетических жирных кислот или смесь гетероалкилированных аминов [8], эфир на основе смеси алкенилянтарных кислот и этиленгликоля с кислотным числом 80–250 мг КОН/г [9]. Часто компонентами клеевой композиции служат вещества, замедляющие коррозию и одновременно являющиеся гидрофобизаторами клеевого соединения, например, гетероциклические полимеры с третичным азотом [10], а также просто гидрофобизаторы, например, продукты конденсации метилсилантриазола и фенилсилантриазола [11]. Разработаны оригинальные технологии введения ингибиторов коррозии в клеевой слой в процессе изготовления липкой ленты. Так, клеевой слой на ленте-носителе, нагретый до вязкотекучего состояния, предложено охлаждать в газовой технологической среде, насыщенной парами ингибитора коррозии [12]. В клеевой состав наружного слоя изоляции ингибиторы коррозии обычно не вводят.

В изоляционные материалы, выпускаемые фирмой Polyken, вводят еще один дополнительный слой. После нанесения грунтовочного слоя на трубу наматывают полиэтиленовую ленту с клейким слоем. Далее методом распыления формируют изолирующий слой на основе полиуретановой пены, на который еще дополнительно наносят защитное покрытие из полиэтиленовой ленты с липким слоем (рисунок 2).

Слой из полиуретановой пены придает системе водонепроницаемость и увеличивает надежность закрепления на трубе пенополиуретановой облицовки. Такая система эффективно защищает трубы, уложенные в грунт.

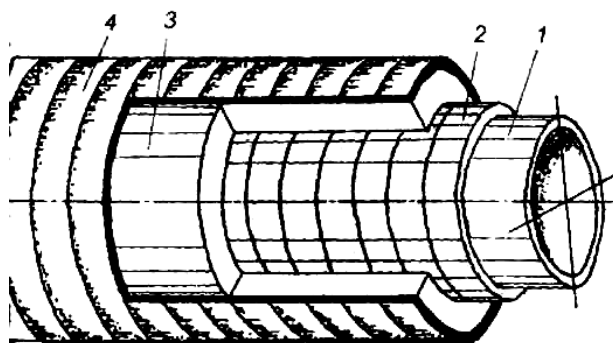


Рисунок 2 – Структура Polyken Foam Insulation System:
1 – стальная труба; 2 – противокоррозионное покрытие;
3 – полиуретановая изоляция; 4 – защитное покрытие

Ингибиторы коррозии целесообразно вводить и в грунтовочный слой, и в клеевой слой ленты, из которой формируют противокоррозионное покрытие, а также в полиуретановую изоляцию. В последнем случае вспенивание полиуретановой массы осуществляют газовой средой, насыщенной парами ингибитора коррозии.

Заключение

Покрытия и пленки (ленты) на основе крупнотоннажно выпускаемых полимеров и ингибиторов коррозии, давно ставшие традиционной продукцией химической промышленности, имеют сегодня достаточно достоинств, что подтверждено опытом защиты от коррозии. Вопрос, какой вид изоляции в ближайшем будущем станет более эффективным в технико-экономическом плане, остается дискуссионным. Ответ на него может дать только время. Пока же очевидно, что для борьбы с коррозией в нефтяной и газовой промышленности нужна широкая номенклатура полимерных покрытий и лент.

Каждый их вид должен занять свою нишу в арсенале средств защиты от коррозии, обеспечивая снижение риска чрезвычайных ситуаций и экологических катастроф. Чем более обширным будет этот арсенал, тем меньше ущерба принесет коррозия.

Литература

- 1 Владимирова, В. А. Аварийные и другие несанкционированные разливы нефти / В. А. Владимирова, П. Ю. Дубнов // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. – 2014. – Т. 4, № 1. – С. 217–229.
- 2 Минаев, Е. В. Экологические проблемы нефтяной промышленности России и некоторые подходы к их решению по опыту Всероссийских учений / Е. В. Минаев, Е. С. Кулаков // Трубопровод. транспорт нефти. – 1995. – № 9. – С. 31–32.
- 3 Слащева, А. В. Источники загрязнения окружающей среды нефтепродуктами / А. В. Слащева // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – 1997. – Вып. 9. – С. 54–59.
- 4 Анализ причин аварий на промысловых нефтепроводах Западной Сибири / С. В. Волочков [и др.] // Морские и арктические нефтегазовые месторождения и экология : сб. науч. тр. – М. : РАО Газпром, 1996. – С. 26.
- 5 Противокоррозионная защита трубопроводов и резервуаров : учеб. для вузов / И. В. Кузнецов [и др.]. – М. : Недра, 1992.
- 6 Goldade, V. A., Pinchuk L. S., Makarevich A. V., Kestelman V. N. Plastics for Corrosion Inhibition. – Berlin : Springer Verlag, 2005.
- 7 Пинчук, Л. С. Ингибированные пластики / Л. С. Пинчук, В. А. Гольдаде, А. В. Макаревич. – Гомель : ИММС НАН Беларуси, 2004.
- 8 Клеевая композиция для липких изоляционных лент : пат. РБ 6083, С 09 J 7/02 / Л. С. Пинчук, И. В. Царенко, В. А. Гольдаде [и др.] ; опубл. 2004.
- 9 Клей для липких лент : а. с. СССР 1652326, С 09 J 7/02 / С. В. Безруков, Ю. И. Вороневцев, В. А. Гольдаде [и др.] ; опубл. 1991.
- 10 Polymeric adhesive and anti-corrosion agents : EP 471336, С 09 J 8/02 / I. Ahmed, T. W. Johnson, H.L. Hsieh. Publ. 1992.
- 11 Липкая лента : пат. РФ 1709724, С 09 J 7/02 / А. Н. Мясищева, Н. А. Суклясян, А. И. Храковский, С. А. Крекотень ; опубл. 1995.
- 12 Способ получения клейкой ленты : пат. РБ 6600, С 09 J 7/02 / Л. С. Пинчук, Н. И. Тишков, В. А. Гольдаде [и др.] ; опубл. 2004.

Поступила в редакцию 04.11.2015

V. A. Goldade, I. V. Tsarenko, M. P. Kulheika, E. N. Volnyanko **POLYMER MATERIALS FOR OIL-PIPE LINES PROTECTION**

Basic tendencies of the polymer materials developing for metal oil-pipe lines protection against corrosion were considered. The description of modern generation of the polymer materials for oil-pipe lines protection was done.

УДК 614.8

ОЦЕНКА НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОФИЛАКТИКИ ТЕРМИЧЕСКИХ ОЖОГОВ СРЕДИ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

В. Б. ГОРБАНЬ¹, кандидат экономических наук

А. В. ХЛЕВНОЙ¹

Н. В. ЖЕЗЛО²

¹Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности, Украина

²Средняя общеобразовательная школа № 30, г. Львов, Украина

Дана оценка реализации мер профилактики термических ожогов среди детей и подростков в Украине с использованием методики, предложенной экспертами международного проекта TACTICS. Сформулированы рекомендации для устранения исследуемых проблем.

Ключевые слова: коэффициент смертности, термические ожоги, профилактика.

Введение

Термические ожоги являются одной из ведущих причин смертности детей и подростков в Европе и мире (приблизительно 4 % всех случаев смерти от непреднамеренных травм). При этом основную группу риска составляют дети младше 5 лет (рисунок 1).

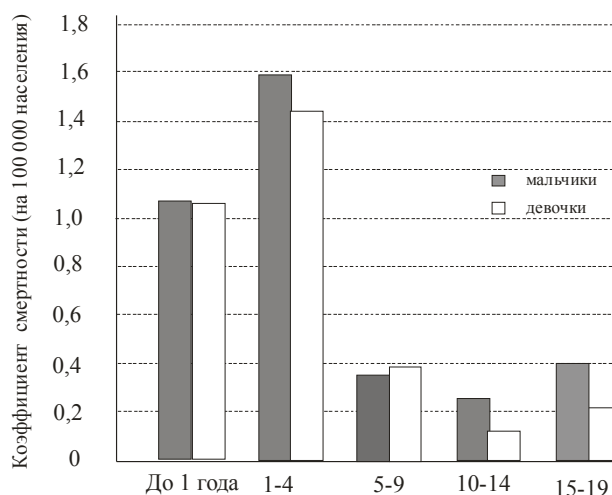


Рисунок 1 – Коэффициент смертности детей (на 100 000 населения) от термических ожогов в Европе (в зависимости от возраста и пола)

Стоит отметить, что в первые годы жизни дети только начинают изучать мир, поэтому наибольшее количество ожогов у них возникает от прикосновений к раскаленным поверхностям или от контакта с горячей водой. По мере взросления количество бытовых ожогов уменьшается. В это же время дети начинают активно изучать окружающую среду. При этом огонь вызывает у них огромный интерес, поэтому уже

к 5–7 годам большинство детей погибают от ожогов, полученных на пожарах, которые они сами и вызвали [1].

Смертность детей и подростков от термических ожогов для разных стран Европы различается. В своем «Докладе о профилактике детского травматизма в Европе» [2] Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) среди ключевых факторов, которые и определяют показатели смертности, называет следующие:

- социально-экономические (риск погибнуть у детей из неблагополучных семей приблизительно в 16 раз выше);
- бытовые: употребление табачных изделий и алкоголя (курение родителей повышает риск смерти ребенка на пожаре в 4 раза), использование пиротехники;
- географические и т. п.

Исходя из этого закономерно, что показатели детской смертности от ожогов значительно ниже в странах с высоким уровнем жизни (рисунок 2).

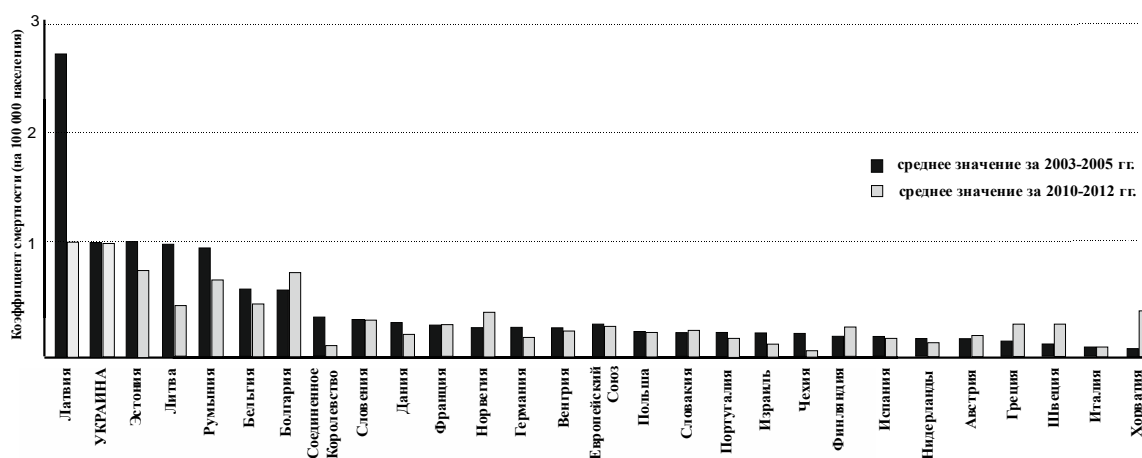


Рисунок 2 – Смертность детей и подростков от термических ожогов в странах Европы

Освещением проблематики смертности детей от термических ожогов занимается ряд международных организаций (ВОЗ, UNICEF, Eurosafe), которые периодически издают подробные статистические отчеты с целью привлечения внимания общественности к данной проблеме и разработки соответствующих профилактических мер. В этом контексте они разделяют профилактику пожаров и ожогов на следующие составляющие: законодательная, техническая, образовательная (педагогическая) и управленческая.

Очевидно, что законодательная составляющая профилактики является первичной и базовой, поскольку принятие, а также имплементация соответствующих нормативно-правовых актов на общегосударственном и/или региональном уровнях создают предпосылки для воплощения в жизнь технической, образовательной и управленческих составляющих профилактики. Основные усилия для реализации законодательной составляющей необходимо направлять на анализ положительного опыта развитых стран и их имплементацию в странах постсоветского пространства, особенно учитывая тот факт, что показатели смертности детей от термических ожогов в этих странах многократно превышают среднее значение по Европейскому Союзу.

Основная часть

По инициативе Европейского Альянса детской безопасности (European Child Safety Alliance of EuroSafe) был основан масштабный многолетний проект под названи-

ем TACTICS (Tools to Adress Childhood Trauma, Injury and Children Safety), направленный на разработку и внедрение действенных мер по предотвращению детского и подросткового травматизма в Европе. На сегодняшний день проект охватывает 31 страну Европы, включая такие страны постсоветского пространства, как Литва и Латвия. В рамках проекта эксперты научных учреждений каждого государства оценивают по 5-балльной шкале нормативно-правовое обеспечение и качество реализации мероприятий по ключевым направлениям безопасности жизнедеятельности детей [3]. Сводные результаты такой оценки отражаются в сравнительных отчетах с периодичностью один раз в три года.

Одним из направлений вышеупомянутого проекта является профилактика термических ожогов, оценка которого формируется в результате анализа 11 основных позиций [4]. В этих позициях, по мнению экспертов TACTICS, отражены ключевые условия минимизации количества несчастных случаев, связанных с пожарами и бытовыми ожогами среди детей и подростков.

В статье мы приведем эти условия и проанализируем по методике TACTICS ситуацию с предотвращением травматизма от пожаров и бытовых ожогов среди детей в Украине. В рамках использования методики каждая позиция будет оцениваться следующим образом: если мера профилактики законодательно утверждена и воплощена в жизнь, она оценивается в 2 балла; если реализована лишь частично или находится на стадии внедрения – в 1 балл, и соответственно, в 0 баллов, если она имеет декларативный характер либо не отражена в нормативных актах.

Общая оценка профилактики термических повреждений среди детей и подростков в стране будет рассчитана по формуле

$$K_H = \frac{((2 \cdot n_2) + (1 \cdot n_1) + (0 \cdot n_0))}{2 \cdot n} \cdot 5, \quad (1)$$

где n – количество анализируемых позиций; n_2 , n_1 , n_0 – количество позиций, получивших оценку 2, 1 и 0 баллов, соответственно.

Итак, рассмотрим каждую из 11 позиций.

1 *Наличие нормативного акта, согласно которому температура водопроводной воды в жилых зданиях не должна превышать 50 °С – 0 баллов.* В строительных нормах ДБН В 2.5-64:2012 «Внутренний водопровод и канализация» [5] требования к максимальной температуре воды в системах водоснабжения не предусмотрены. В Европе такая норма закреплена только в Исландии, а в ряде стран (Великобритания, Швеция, Израиль, Франция) подобное требование не распространяется на жилые дома.

2 *Наличие нормативного акта, который обязывает устанавливать дымовые пожарные извещатели во всех жилых помещениях – 1 балл.* В Украине требования к системам пожарной автоматики регламентируются строительными нормами ДБН В 2.5-56:2014 «Системы противопожарной защиты» [6], которые обязывают устанавливать системы пожарной автоматики в зданиях с условной высотой более 26,5 м (от 10 этажей). В то же время в Финляндии, Исландии, Франции и Швеции дымовые извещатели необходимо устанавливать во всех зданиях, а в Болгарии, Греции, Хорватии, Израиле и Венгрии вообще нет требований об обустройстве жилых зданий пожарной сигнализацией.

3 *Нормативный документ, предусматривающий установление дымовых пожарных извещателей во всех общественных помещениях – 1 балл.* В ДБН В 2.5-56:2014 изложено требование по оборудованию системами пожарной автоматики всех общественных зданий, за исключением одноэтажных офисных зданий, научно-исследовательских и учебных заведений и гостиниц площадью до 300 м². Стоит отметить, что из-за нехватки финансирования большое количество школ не оборудованы системами пожарной автоматики.

4 *Наличие нормативного акта, обязывающего использовать специальные зажигалки с защитой от детей – 0 баллов.* В 2015 г. Кабинет Министров Украины издал Распоряжение № 164-р от 04.03.15 «Об одобрении разработанных Министерством экономического развития и торговли планов имплементации некоторых актов законодательства ЕС» [7]. Среди таких актов значится и Решение Комиссии 2006/502/ЕС от 11.05.2006 об обязательствах государств-членов обеспечить поставки на рынок зажигалок исключительно с защитой от детей и запретить поставки на рынок зажигалок-новинок [8]. Таким образом, в Украине введение соответствующей нормы только планируется. В Европейском Союзе подобного рода требования законодательно введены в действие почти во всех странах кроме Чехии и Хорватии (по состоянию на 2013 г.). При этом стоит отметить, что на «черных рынках» почти всех стран ЕС можно свободно приобрести «незащищенные» зажигалки.

5 *Наличие государственной программы, направленной на продажу табачных изделий с пониженной пожарной опасностью – 0 баллов.* Ученые подсчитали, что ущерб от пожаров, возникших в результате курения, ежегодно превышает сумму в 27 млрд долл., а каждый десятый пожар со смертельным исходом является следствием курения.

Первые шаги к уменьшению пожарной опасности табачных изделий были сделаны производителями сигарет еще в начале 90-х гг. прошлого века, однако первые результаты подобных внедрений появились на рынке только после 2000 г. Желаемый результат достигается благодаря ультратонким концентрическим кольцам внутри оберточной бумаги, которые ухудшают доступ кислорода в зону тления табака. Благодаря этому подоженная сигарета, которую не курят, быстро гаснет. В ряде стран (все страны Европейского Союза, США, Австралия, Канада и ЮАР) разработаны и внедрены системы стандартов, которые регламентируют испытания табачных изделий на пожарную опасность, а также правовые нормы, обязывающие продавать «пожарозащищенные» сигареты. Благодаря этому количество пожаров, вызванных курением, в США сократилось почти на 30 % [9]. В Украине подобные мероприятия еще не проведены.

6 *Наличие нормативного документа, который предусматривает изготовление детского спального и постельного белья из тканей с пониженной горючестью – 0 баллов.*

Несмотря на то, что в Украине действуют стандарты, определяющие методы испытания изделий из текстиля на воспламеняемость, постельное белье и подушки не входят в «Перечень продукции, подлежащей обязательной сертификации в Украине» [10]. В то же время в санитарных нормах и правилах изложены требования к нательному и постельному белью. Как отмечается в пресс-релизе ГП «Укрметртестстандарт», в странах Европы действуют принципы, регламентирующие производство и сбыт товаров по двум направлениям: для внутреннего рынка и для стран, не входящих в цивилизованное сообщество. В первом случае предусматриваются жесткие требования по качеству, во втором – условия, подходящие восточноевропейским заказчикам. С другой стороны, поскольку у нас нет обязательной сертификации практически для всех товаров легкой промышленности, фирменные магазины торгуют фальсифицированной продукцией [11].

7 *Наличие нормативного документа, который контролирует и ограничивает продажу пиротехники – 1 балл.* Продажа пиротехники строго регламентируется во всех странах мира. Проблемы возникают с обеспечением надлежащего контроля соблюдения таких норм. В таких европейских странах как Болгария, Греция и Португалия продажа пиротехники детям, несмотря на наличие запрета, является значительной проблемой. Это же можно сказать и об Украине, несмотря на то, что производство и торговля пиротехникой подлежит лицензированию, а продажа фейерверков и петард детям до 12, 16 или 18 лет (в зависимости от класса изделия) запрещена. Статья 195-6 Кодекса

Украины об административных правонарушениях предусматривает ответственность за нарушение подобных требований (от 35 до 65 необлагаемых минимумов доходов граждан – в денежном эквиваленте это 30–45 долл. по состоянию на 2015 г., а при повторном правонарушении – от 60 до 100 необлагаемых минимумов или 45–75 долл. соответственно) [12]. При этом ежегодно сотни детей травмируются в результате использования пиротехнических изделий, а периодические рейды правоохранительных органов выявляют массовую продажу запрещенных фейерверков детям. Для достижения лучшего профилактического эффекта целесообразно увеличить размеры штрафов. Так, например, в некоторых штатах США штрафы достигают 1000 долл., а повторные нарушения влекут за собой уголовную ответственность.

8 Наличие министерства / департамента, отвечающего за профилактику ожогов и пожарную профилактику среди детей и подростков – 1 балл. В Украине надзорно-профилактическая деятельность в сфере пожарной безопасности контролируется Государственной службой Украины по чрезвычайным ситуациям, а профилактика бытовых ожогов – Министерством здравоохранения Украины. При этом отдельных подразделений в рамках данных ведомств, которые бы занимались сугубо проблемами детей и подростков, не предусмотрено.

9 Наличие правительственных программ или стратегий, направленных на уменьшение количества пожаров, возникающих по вине детей и подростков, с определенными временными рамками и планированием мероприятий – 1 балл. В Украине в рамках выполнения требований Законов Украины и Указов Президента областные государственные администрации периодически издают распоряжения об утверждении программ пожарно-профилактического характера (например, «Безопасное жилье»), на выполнение которых районные государственные администрации должны предусматривать соответствующие средства в местных бюджетах. Однако подобные программы имеют целью улучшение противопожарного состояния жилых домов и не акцентируют внимания на безопасность детей.

Также Министерством образования и науки Украины предусматриваются ежегодные мероприятия пожарно-профилактического характера в учебных заведениях. Это встречи с представителями Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям, экскурсии, викторины, кинолектории и т. д. При этом отсутствует механизм диагностики эффективности подобных мероприятий. То есть можно предположить, что они носят формальный характер.

10 Государственная программа, предусматривающая периодическое проведение с детьми специальных инструктажей и занятий профилактического характера по месту жительства – 0 баллов. Такие меры популярны в ряде стран (Англия, Италия, Норвегия, Швеция, Финляндия, Латвия, а также частично Польша и Австрия). Но проведенные исследования показали, что подобные занятия повышают осведомленность населения о правилах пожарной безопасности и безопасности жизнедеятельности, но не представляется возможным доказать их влияние на уменьшение количества термических ожогов [2].

В Украине подобные государственные программы не предусмотрены.

11 Периодическое проведение (не реже чем раз в 5 лет) общегосударственных кампаний пожарно-профилактического характера в средствах массовой информации – 2 балла.

В Украине пожарно-профилактическая работа с общественностью осуществляется территориальными управлениями ГСЧС Украины совместно с органами исполнительной власти на местах в рамках правительственных программ (таких как «Безопасное жилье»). Уровень и качество их реализации может существенно отличаться в зависимости от региона. Также стоит отметить успешные попытки представителей частного сектора и общест-

венных организаций участвовать в подобных мероприятиях. Показательным примером является серия мультфильмов пожарно-профилактического характера «Фокс и Трот спешат на помощь», созданная по инициативе Группы компаний «ФОКСТРОТ» в рамках социального проекта «Школа безопасности».

Используя полученные выше результаты, рассчитаем итоговую оценку реализации мероприятий по профилактике термических повреждений среди детей и подростков в Украине:

$$K_H = \frac{((2 \cdot 1) + (1 \cdot 5) + (0 \cdot 5))}{2 \cdot 11} = 1,5.$$

Сравним результат Украины с аналогичными оценками 31 страны-участницы проекта TACTICS (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты оценки законодательных мер профилактики термических ожогов детей и подростков в странах Европы

№ п/п	Страны	K_H
1	Швеция	4
2–5	Ирландия, Исландия, Нидерланды, Финляндия	3,5
6–14	Англия, Дания, Италия, Латвия, Литва, Мальта, Польша, Уэльс, Шотландия	3
15–22	Австрия, Бельгия, Испания, Германия, Норвегия, Португалия, Франция, Чехия	2,5
23–26	Израиль, Люксембург, Румыния, Словения	2
27–28	Венгрия, Украина	1,5
29–31	Болгария, Словакия, Хорватия	1
32	Греция	0,5

Таким образом, значение K_H для Украины соответствует неудовлетворительному уровню нормативно-правового обеспечения профилактики термических ожогов среди детей и подростков.

Заключение

В Украине в целях профилактики детской смертности от термических ожогов необходимо внедрять и реализовывать сочетание разных подходов (законодательные, технические, педагогические и управленческие). Учитывая положительный опыт стран Европы (например, стран Прибалтики, у которых значение K_H за период с 2009 по 2012 г. возросло с 2 до 3, а уровень смертности детей от термических ожогов значительно снизился – см. рисунок 2), особое внимание необходимо уделить разработке нормативно-правовой базы, которая бы позволила отработать механизмы для внедрения следующих мер:

- оборудование всех жилых и гражданских зданий установками автоматической пожарной сигнализации;
- продажа табачных изделий с пониженной пожарной опасностью и зажигалок с защитой от детей;
- усиление ответственности за продажу несовершеннолетним пиротехнических изделий;
- внесение детского постельного белья в перечень товаров, которые подлежат обязательной сертификации;

– разработка и введение в образовательный процесс педагогических методик, направленных на формирование у детей и подростков знаний, умений и навыков безопасного поведения.

Литература

- 1 Жезло, Н. В. Игры детей с огнем как социально-педагогическая проблема / Н. В. Жезло, С. А. Емельяненко, А. В. Хлевной // Вестн. ЛГУ БЖД : сб. науч. тр. – 2014. – № 10. – С. 219–224.
- 2 Доклад ВОЗ о профилактике детского травматизма. – Режим доступа: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/98744/E92049R.pdf.
- 3 Горбань, В. Б. Особенности профилактики детского и подросткового травматизма: европейский опыт / В. Б. Горбань, Н. В. Жезло, А. В. Хлевной // Вестн. ЛГУ БЖД : сб. науч. тр. – 2015. – № 11. – С. 144–151.
- 4 How safety conscious Are European Countries Towards Children. – European Child Safety Alliance of EuroSafe. – 2013. – 60 p.
- 5 Внутренний водопровод и канализация : ДБН В 2.5-64:2012. – Введены в действие 2013–03–01. – К. : Укрархбудинформ, 2012. – 105 с. – (Гос. строит. нормы).
- 6 Системы противопожарной защиты : ДБН В 2.5-56:2014. – Введены в действие 2015–07–01. – К. : Укрархбудинформ, 2014. – 127 с. – (Гос. строит. нормы).
- 7 Об одобрении разработанных Министерством экономического развития и торговли планов имплементации некоторых актов законодательства ЕС : Распоряжение Кабинета Министров Украины от 04.03.15 № 164-р. – Режим доступа: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/164-2015-%D1%80>.
- 8 Официальный вестник ЕС, L 198-2006. – Режим доступа: <http://eur-lex.europa.eu/oj/direct-access.html>.
- 9 Fact sheet on reduced ignition propensity (RIP) cigarettes. – Режим доступа: http://www.who.int/tobacco/industry/product_regulation/factsheetreducedignitionpropensitycigarettes/en/.
- 10 Об утверждении Перечня продукции, которая подлежит обязательной сертификации в Украине : Приказ Гос. ком. Украины по вопросам техн. регулирования и потреб. политики от 01.02.2005 № 28. – Режим доступа: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0466-05>.
- 11 Отношение к детям – мера духовного достоинства человека : пресс-релиз ГП «Укрметрестандарт». – Режим доступа: http://www.ukrcsm.kiev.ua/media/umtst_doc/pres_conf/pres_reliz_2012.pdf.
- 12 Кодекс Украины об административных правонарушениях (с постатейными материалами) / под ред. Е. Ф. Демского. – К. : Юринком Интер, 2001. – 1088 с.

Поступила в редакцию 07.10.2015

V. B. Gorban, A. V. Khlevnoy, N. V. Zhezlo
ESTIMATION OF STANDARD LEGAL SUPPORT OF PREVENTION
OF THERMAL BURNS AMONG CHILDREN AND ADOLESCENTS

Assessment of the implementation of burns prevention measures for children and adolescents in Ukraine according to methodology of the European project TACTICS is estimated. Recommendations to solve problems are proposed.

УДК 614.842

АНАЛИЗ ПУТЕЙ СОКРАЩЕНИЯ ВРЕМЕНИ ПРИБЫТИЯ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ НА ВЫЗОВ

А. Н. ЛАРИН, доктор технических наук, профессор
А. Я. КАЛИНОВСКИЙ, кандидат технических наук, доцент
Р. И. КОВАЛЕНКО

Национальный университет гражданской защиты Украины, г. Харьков

В работе проведен анализ путей сокращения времени прибытия пожарно-спасательных подразделений на вызов.

Ключевые слова: оптимизация маршрутов движения, системы спутниковой навигации и позиционирования, системы дистанционного управления дорожным движением, пожарно-спасательные автомобили первой помощи.

Введение

Увеличение количества автомобилей на дорогах, плотная застройка городов, ухудшение состояния дорожного покрытия и другие факторы увеличивают время следования пожарно-спасательных подразделений на вызов. Согласно [1] современное жилое (офисное) помещение площадью 20 м² полностью уничтожается огнем (выгорает) в течение 6 мин, а через 2 мин с момента начала в нем горения образуется реальная угроза здоровью и жизни человека.

Основная часть

С учетом вышеупомянутой проблемы необходимо разработать и предложить меры, которые помогут сократить время прибытия пожарно-спасательных автомобилей на вызов.

Рассмотрим возможные пути сокращения времени прибытия пожарно-спасательных подразделений на вызов:

- 1) оптимизация и применение передовых технологий в работе диспетчерской службы;
- 2) оптимизация маршрутов движения пожарных и аварийно-спасательных автомобилей за счет:
 - использования систем спутниковой навигации и позиционирования;
 - проведения постоянного мониторинга дорожной обстановки;
 - использования систем дистанционного управления дорожным движением;
- 3) использование пожарной и аварийно-спасательной техники с высокими показателями скорости и маневренности (автомобилей первой помощи, пожарных мотоциклов);
- 4) использование специальных аварийно-спасательных машин контейнерного типа;
- 5) контроль надзорных органов относительно застройки и состояния проездов и подъездов к объектам народного хозяйства и частного жилого сектора.

Согласно [2] обработка вызова должна быть завершена в кратчайшие сроки и не должна задерживать выезд сил и средств к месту возникновения чрезвычайной ситуации.

Не услышанные диспетчером элементы адреса места вызова или другие характеристики места возникновения чрезвычайной ситуации (ЧС) увеличивают время обработки и обслуживания заявки на вызов, способствуют увеличению числа выездов по ложным вызовам и, как следствие, могут привести к трагическим последствиям. Согласно [3] опыты, связанные с выявлением зависимости времени обработки сообщения диспетчером от разборчивости речи заявителя, показали, что при увеличении разборчивости от 30 до 60 % наблюдается резкое уменьшение времени обработки вызова диспетчером. В дальнейшем при увеличении разборчивости речи до 80 % время обработки меняется ровно, с постоянным уменьшением, а от 80 до 100 % – время обработки остается примерно постоянным. Отсюда можно сделать вывод, что при проектировании информационной модели необходимо поддерживать разборчивость поступающих речевых сообщений на уровне не ниже 80 %. На разборчивость речи, кроме качества связи, влияет и эмоциональное состояние заявителя, его неспособность контролировать речь. В первом случае повышение разборчивости речи заявителя возможно за счет применения технических приборов шумоочистки, а во втором случае – за счет дополнительного обучения персонала приемам общения, повышения грамотности населения в вопросах поведения в экстремальных ситуациях и использования высоких технологий в области корректировки языка [3].

Согласно [4] проблемами задержек привлечения сил и средств к месту ликвидации ЧС являются следующие:

- неправильная оценка практических действий. Реальные практические действия оперативной дежурной смены центра управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) оцениваются формально, отсутствует детальность в оценке практических действий;
- некачественное предоставление информации. Некачественное предоставление информационных документов в вышестоящий ЦУКС по факту ЧС;
- скорость предоставления информации. Быстрое предоставление большого количества информационных документов в вышестоящий ЦУКС по факту ЧС и связанная с этим их некачественная обработка, которая влияет на скорость и правильность принятого решения;
- не полная оценка достаточности сил и средств. Не проводится оценка действий дежурной смены по временным показателям с момента начала ЧС до момента объявления руководителем ликвидации достаточности сил и средств;
- большое количество согласований. В каждом ЦУКС заключено более 50 согласований об организации взаимодействия и информационного обмена на случай ЧС, но это не только права по привлечению сил и средств, но и обязанности по информированию структур взаимодействия территориальной подсистемы единой государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС, и на это также тратится время;
- увеличенное количества звонков. Растет количество телефонных звонков в первые часы чрезвычайной ситуации на пульт дежурной смены;
- распределение ответственности. Отсутствует разделение дежурной смены на оперативную и информационную. Это означает, что отсутствует разделение порядка взаимодействия автоматизированных рабочих мест по функциям на «горизонтальный», ответственный за привлечение дополнительных сил и средств, и «вертикальный», отвечающий за взаимодействие с вышестоящими органами управления и своевременное представление им информации;
- подчиненность. При организации информационного обмена отсутствует четкая подчиненность между уровнями управления;

– автоматические действия персонала. Часто неосмысленные (автоматические) действия персонала ЦУКС. Эффективная тренировка сотрудников не сочетается с развитием гибкости процессов целенаправленного осмысления ситуации, не осознавая, правильно диспетчер принимает решение или нет;

– не свойственные функции. Выполнение незакрепленных в инструкциях функций. На практике специалисты дежурной смены ЦУКС дополнительно выполняют не свойственные функции – функции других отделов, что приводит к излишней загруженности их работой, не указанной в должностных инструкциях и потерями времени.

Пути решения вышеизложенных проблем согласно [4] являются:

– анализ практических действий персонала как процесса по привлечению дополнительных сил и средств и как процесса своевременности и качества обработки предоставленных информационных документов и выявление оптимальных временных показателей, необходимых для установления сроков и качества представления информационных документов и своевременного привлечения достаточных для ликвидации ЧС сил и средств;

– анализ обрабатываемых персоналом информационных документов, особенно в первый час реагирования, и выявление тех, которые можно вывести из информационного обмена как несущественные или неэффективные;

– анализ приобретений и потерь от неучастия во взаимодействии части участников и установление участников информационного взаимодействия по заключенным соглашениям на межведомственном уровне, в первую очередь на межрегиональном и региональном уровнях, как необязательных или несущественных;

– пересмотрение задач, прав и ответственности оперативно-дежурной смены и разделение ее на оперативную и информационную, а порядок взаимодействия на «горизонтальный» и «вертикальный»;

– анализ структуры управления ЦУКС и выявление факторов, задерживающих привлечение дополнительных сил и средств к месту ликвидации ЧС.

Согласно [2] движение к месту вызова необходимо осуществлять в кратчайшие сроки, что достигается:

– движением специальных автомобилей по кратчайшему маршруту с предельно возможной скоростью, обеспечивающей безопасность, в том числе с использованием специальных сигналов и отступлением при необходимости в установленном порядке от Правил дорожного движения [5];

– знанием особенностей района выезда.

Для сокращения времени движения специальных автомобилей к месту чрезвычайной ситуации на маршрутах движения в необходимых случаях может ограничиваться дорожное движение [2].

Согласно [6] использование систем спутникового мониторинга повышает качество и эффективность работы транспорта, и в среднем на 20–25 % снижает расходы на топливо и содержание автопарка. Стоит отметить, что системы спутниковой навигации и позиционирования уже давно успешно используются пожарно-спасательными подразделениями ряда стран мира.

Наиболее распространенными системами спутниковой навигации и позиционирования являются: американская система GPS – система глобального позиционирования (*англ.* Global Positioning System), русская глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС), а также в настоящее время разрабатываются и другие системы спутниковой навигации, например, проект спутниковой системы навигации Европейского Союза и Европейского космического агентства Галилео (*англ.* Galileo).

Согласно [7] ГЛОНАСС позволяет обеспечить:

- беспрепятственный проезд специального транспорта к месту дорожно-транспортного происшествия (ДТП) или к месту возникновения ЧС;
- доведение оперативной, полной и достоверной информации к специальным службам при возникновении ЧС;
- информирование водителей о нарушении ими Правил дорожного движения (ПДД) и эксплуатации транспортного средства, а также о текущем и кратковременном прогнозе состояния условий дорожного движения;
- увеличение пропускной способности дорог города за счет регулирования транспортных потоков и формирования предупредительной информации об условиях дорожного движения;
- оптимизацию маршрутов движения транспортных средств с учетом дорожной обстановки и даже миграции пробковых ситуаций.

Проведение постоянного мониторинга дорожной обстановки и использования систем управления дорожным движением возможно при установке автоматизированной системы управления дорожным движением и состоянием дорожного покрытия (АСУРСП) на примере той, что установлена на трассе Киев–Борисполь [8].

В упрощенном виде система функционирует следующим образом: специальные датчики проводят сбор информации об интенсивности, скорости, режимах движения транспортных средств и составом транспортного потока [8]. Кроме этого они определяют показатели температуры и влажности дорожного покрытия и воздуха, толщины слоя воды или снега, концентрации реагента, интенсивности осадков, давления, видимости, а также концентрации вредных веществ в воздухе. Аппаратура видеоконтроля наблюдает за наличием ДТП, проведением дорожно-ремонтных работ, проездом специальных автомобилей и колонн и общей ситуацией на дороге. Вся текущая информация поступает на центральный пункт управления, где программный комплекс АСУРСП проводит анализ сложившейся ситуации на отдельных участках дороги и генерирует оптимальные решения и предоставляет рекомендации дежурному диспетчеру, который с помощью камер наблюдения и телевизионных мониторов осуществляет визуальный контроль за движением на дороге и имеет связь со службами ГАИ, скорой помощи и пожарной охраны [8]. Благодаря управляемым дорожным знакам, изменяющимся информационным табло, светофорам диспетчер или программа влияет на ситуацию, предоставляя соответствующую информацию водителям [8]. При воздействии на АСУРСП оперативно-диспетчерской службы Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям можно получить наиболее оптимальный и быстрый маршрут следования к месту возникновения ЧС («зеленая улица»).

Согласно [9] считается более рациональным при ликвидации ЧС в качестве первой помощи высылать не целое пожарно-спасательное подразделение, а автомобили первой помощи или пожарные мотоциклы, которые, первыми прибывая на место вызова, оценивают потребность в силах и средствах и в случае необходимости вызывают основное подразделение с соответствующим техническим обеспечением. При использовании автомобилей первой помощи время движения на место вызова может сократиться на 18–25 % по сравнению со временем движения средних и тяжелых пожарных автомобилей, которые до сих пор используются в пожарно-спасательных подразделениях в качестве основной пожарной техники. Данное решение позволяет также сократить ущерб во время ложного вызова пожарно-спасательных подразделений.

Новой тенденцией в производстве пожарно-спасательной техники является стремление производителей к тому, чтобы сделать ее максимально универсальной. Одним из таких направлений является изготовление специальных аварийно-спасательных

машин контейнерного типа (рисунок 1). Для этого берется шасси грузового автомобиля с установленным на нем мультилифтом и контейнер, который в зависимости от своего назначения может комплектоваться различным специальным оборудованием и пожарно-техническим вооружением. В зависимости от выбранной модели мультилифта загрузки и разгрузки контейнера на платформе кузова может осуществляться с разной скоростью. Например, согласно [10] мультилифт модели МПР-10Т.46 с грузоподъемностью 10 т может осуществлять данную операцию не более чем за 100 с, а согласно [11] мультилифт модели МАС-14 с грузоподъемностью 18 т может осуществлять данную операцию не более чем за 60 с. Скорость движения данных автомобилей в основном зависит от характеристик выбранного шасси. Закупка и размещение подобной техники с различным в зависимости от необходимости набором контейнеров в пожарно-спасательных частях города позволит повысить их оперативную готовность к различного рода чрезвычайным ситуациям, ведь подавляющее большинство специальной техники размещено в специализированных аварийно-спасательных подразделениях (отрядах), которые часто имеют отдаленное расположение от объектов риска.



Рисунок 1 – Общий вид аварийно-спасательной машины контейнерного типа

Относительно контроля надзорных органов в отношении застройки и состояния проездов и подъездов к объектам народного хозяйства и частного жилого сектора следует отметить, что ограничения на проведение проверок [12] органами государственного надзора негативно влияют на состояние пожарной безопасности городов. Происходит загромождение проездов и подъездов к жилым домам и объектам народного хозяйства, что значительно снижает скорость прибытия пожарных подразделений на вызов и часто не дает возможности для успешного и своевременного ввода сил и средств для ликвидации последствий ЧС. Анализируя полученные данные в Главном управлении Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям в Харьковской области относительно количества пожаров и ущерба от них в городе Харькове (таблица 1), можно наблюдать рост данных показателей в 2009, 2010 и в 2014 гг., когда проверки органов государственного надзора были законодательно ограниченными [12, 13]. Данная статистика только подтверждает необходимость обеспечения надлежащего уровня пожарной безопасности городов.

Таблица 1 – Сведения о количестве пожаров и убытках от них в г. Харькове

Год	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Количество пожаров в г. Харькове	1085	1131	2013	1713	1747	1701	2357
Ущерб, тыс. грн	16947	11687	18396	11469	15631	13933	17362

Заключение

Проведен анализ способов сокращения времени прибытия пожарно-спасательных подразделений на вызов. Предложены решения, которые позволят повысить оперативно-тактическую готовность пожарно-спасательных подразделений к ликвидации различного рода чрезвычайных ситуаций. В дальнейшем планируется исследовать степени риска возникновения различного рода ЧС в г. Харькове для научного обоснования размещения в черте города необходимого количества и типов контейнеров специальных аварийно-спасательных машин контейнерного типа, учитывая их значительную распространенность в пожарно-спасательных подразделениях передовых стран мира.

Литература

- 1 Аналіз регуляторного впливу проекту постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження критеріїв утворення державних пожежно-рятувальних підрозділів (частин) Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту в адміністративно-територіальних одиницях та переліку суб'єктів господарювання, де утворюються такі підрозділи (частини)». – Режим доступу: www.mns.gov.ua/files/2013/9/19/analiz.doc.
- 2 Наказ МНС № 575 від 13.03.2012 року «Про затвердження Статуту дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту».
- 3 Бондар, А. И. Повышение эффективности работы диспетчеров пожарной охраны путем разработки и внедрения организационно-технических мероприятий : дис. ... канд. техн. наук : 05.26.01 / Бондар Александр Иванович. – СПб., 1998. – 299 с.
- 4 Алексеев, С. П. Причины задержек прибытия дополнительных сил и средств к месту ликвидации чрезвычайной ситуации / С. П. Алексеев // Технологии техносферной безопасности : интернет-журн. – 2014. – Вып. № 1. – 4 с. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2014-1/24-01-14.ttb.pdf>.
- 5 Правила дорожнього руху України з коментарями та ілюстраціями. – 8-е вид., виправл. і доп. – К. : Арій, 2010. – 168 с.
- 6 Российский GPS-мониторинг. Краткий обзор. – Режим доступа: http://gps-club.ru/gps_test/detail.php?ID=52701.
- 7 Емельянова, В. Г. Применение системы «ГЛОНАСС» на автомобильном транспорте как один из способов обеспечения безопасности дорожного движения / В. Г. Емельянова // Актуальные вопросы технических наук : материалы II Междунар. науч. конф., Пермь, февр., 2013 г. – Пермь : Меркурий, 2013. – С. 85–87.
- 8 Дорожня галузь України. – 2008. – № 1. – Режим доступу: <http://www.dorogy.com.ua/>.
- 9 Мамон, В. П. Разработка метода определения маршрутов следования пожарных автомобилей к очагам пожаров : дис. ... канд. техн. наук : 05.26.03 / Мамон Вадим Полиевктович. – Х., 1998. – 187 с.
- 10 Дорстройтех. – Режим доступа: <http://www.dst-avto.ru/ishop/product/476>.
- 11 Авто (и не только).ru. – Режим доступа: <http://avtoinetolko.ru/2012/10/pozharnaya-bezopasnost-2012-novuj-mul-dlya-lesnikov/>.

- 12 Постанова КМУ № 408 від 13 серпня 2014 року «Питання запровадження обмежень на проведення перевірок державними інспекціями та іншими контролюючими органами».
- 13 Постанова КМУ № 502 від 21 травня 2009 року «Про тимчасові обмеження здійснення заходів державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності на період до 31 грудня 2010 року».

Поступила в редакцію 15.06.2015

A. N. Larin, A. Ya. Kalinovsky, R. I. Kovalenko
**ANALYSIS OF WAYS TO REDUCE THE TIME FIREFIGHTERS ARRIVED
AND RESCUE UNIT ON CALL**

The article carried out the analysis of ways to reduce the time of arrival of fire-rescue units of the call.

УДК 519.677

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИСТАНЦИИ МЕЖДУ АВТОМОБИЛЯМИ ПРИ ДВИЖЕНИИ В КОЛОННЕ

Е. В. ЛЕГЧЕКОВА¹, кандидат физико-математических наук
О. В. ТИТОВ², кандидат физико-математических наук, доцент

¹Учреждение образования «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации», г. Гомель

²Государственное учреждение образования «Гомельский инженерный институт» МЧС Республики Беларусь

Рассматривается метод использования видеокамер, установленных на автомобиле, для вычисления расстояния до объектов в зоне его движения.

Ключевые слова: видеокамера, дорожное движение, стереозрение, определение расстояния, система безопасности.

При тушении торфяных и лесных пожаров спецтехнике МЧС приходится двигаться к очагу возгорания в условиях сильной задымленности. В этом случае, двигаясь в колонне, водителям пожарных машин сложно соблюдать безопасную дистанцию ввиду плохой видимости. Для снижения риска столкновения с впереди идущим транспортным средством целесообразно применять систему, которая сможет контролировать пространство перед автомобилем и предупреждать водителя в случае опасности.

Современные системы содействия водителю (ADAS), позволяющие извещать водителя об опасных ситуациях и в некоторых случаях замедлять или останавливать движение автомобиля, устанавливаются лишь на 10 % новых автомобилей, и это преимущественно автомобили высокого ценового сегмента. Для своей работы системы используют достаточно дорогие компоненты, такие как лазерные дальномеры, радарные системы, множество камер по периметру автомобиля. Существует необходимость создания дешевых систем содействия водителю для массового и повсеместного использования, что должно благоприятно сказаться на снижении аварийности и травматизма на дорогах.

Для получения информации целесообразно использовать две камеры, так как радарные датчики не могут учесть геометрию дороги, определяя только расстояние по прямой. А с помощью камер можно будет контролировать все видимое пространство перед автомобилем, что позволит адекватно оценивать дорожную ситуацию.

Недостатком использования камер является невысокая точность определения расстояния и сложность обработки информации. Следует отметить, что большая точность в данном применении не важна, необходимо знать, есть препятствие на дороге или нет, и примерное расстояние до него в динамике.

Несмотря на существенные достижения в области распознавания объектов и детектирования их параметров, многие вопросы реализации математических методов в виде программно-аппаратных комплексов являются недостаточно изученными. Это связано в первую очередь с частым представлением общей проблемы в виде двух час-

тей: математической и программно-аппаратной, а при сращивании алгоритмов происходит уменьшение точности в определении параметров целей и увеличение ошибок из-за различных несовместимостей.

Метод определения расстояния по изображениям, полученным с помощью стереозрения, является одним из вариантов определения расстояния до требуемого объекта. Метод предполагает использование двух идентичных камер с определенным расстоянием между ними, которое называется базой.

В случае двух идентичных камер с параллельными оптическими осями расстояние до точки определяется как

$$r_i = \frac{fd}{x_1 - x_2}, \quad (1)$$

где f – фокусное расстояние; d – расстояние между камерами; x_1 и x_2 – координаты проекций на левом и правом изображениях.

Для более удобного практического применения формулы (1) представим ее в виде

$$r_i = \frac{dH}{\operatorname{tg}\alpha(x_1 - x_2)}, \quad (2)$$

где d – база (расстояние между камерами); H – горизонтальное разрешение изображения; α – угол обзора камеры; x_1 и x_2 – координаты точки, до которой определяется расстояние, в координатной системе отсчета первой и второй камеры соответственно.

Для возможности использования формулы (2) считается, что изображения, получаемые с камер, ректифицированы, т. е. камеры расположены так, что в их координатных системах отсчета координаты точки, до которой требуется определить расстояние, y_1 и y_2 равны, это означает, что горизонтальные линии на изображениях соответствуют одной плоскости.

Трудности использования данного способа заключаются в сложности правильной установки двух камер: оси камер должны быть параллельны друг другу, а также перпендикулярны линии, соединяющей центры камер. Вследствие неправильной установки камер может получиться очень существенная неточность измерения (разница в один градус может привести к погрешности более чем в два раза).

Для уменьшения погрешности предлагается увеличить базу до расстояния того же порядка, что и измеряемое.

Для устранения таких проблем возможно использование в алгоритме методов ректификации изображений [1], но это приводит к серьезному усложнению алгоритма.

Из условия, чтобы чувствительность определения расстояния была высокой (т. е. чтобы изменение разности пикселей на единицу приводило к изменению определяемого расстояния не более чем на 5 %), можно определить, начиная с какой разности пикселей следует применять формулу (2):

$$\begin{aligned} r_1 - r_2 &= 0,05r_1; \\ \frac{0,95dH}{\operatorname{tg}\alpha \Delta x_1} &= \frac{dH}{\operatorname{tg}\alpha \Delta x_2}; \\ \Delta x_1 &= 0,95\Delta x_2. \end{aligned}$$

Учитывая, что $\Delta x_2 = \Delta x_2 + 1$, получаем $\Delta x_1 = 19$.

Это означает, что, начиная с разности пикселей двух изображений, равной 19, возможно применять метод определения расстояния до объекта с помощью стереозрения.

Для примера возьмем камеры, у которых при максимальном оптическом увеличении угол обзора $\alpha = 13^\circ$. Для того чтобы можно было определить расстояние вплоть до 500 м (на таком расстоянии лучше начинать контролировать встречные автомобили при их скоростях более 90 км/ч) и горизонтальном разрешении изображения, равном 1920 пикселей, вычислим по формуле (2) базу d :

$$d = \frac{r_i \operatorname{tg} \alpha (x_1 - x_2)}{H} = \frac{500 \cdot \operatorname{tg} 13^\circ \cdot 19}{1920} = 1,14 \text{ м.} \quad (3)$$

На рисунке 1 показана зависимость расстояния до исследуемого объекта от разности между изображениями, полученными с двух стереокамер.

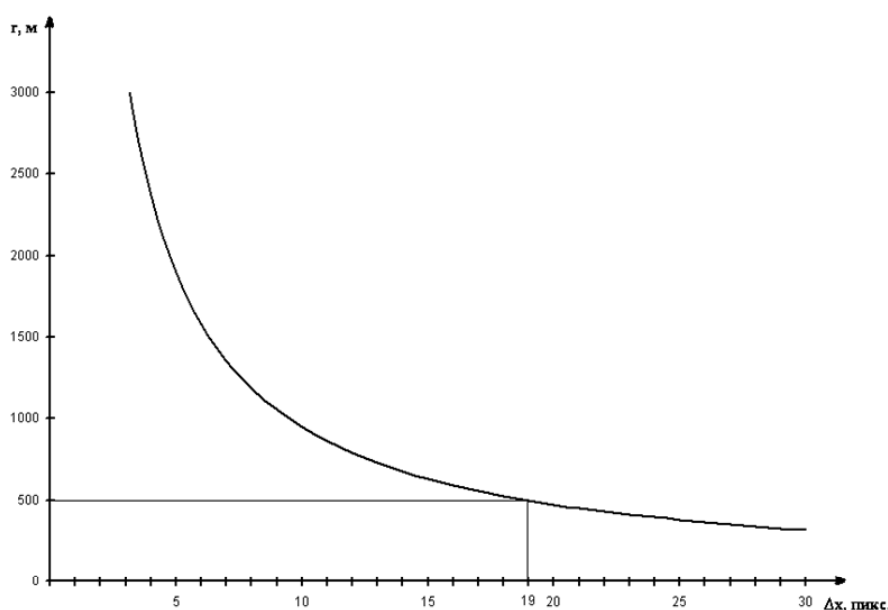


Рисунок 1 – Зависимость расстояния до объекта от разности пикселей между изображениями объекта с двух камер

Важной задачей определения параметров движущегося объекта является задача определения погрешности измерения и интервалов применимости предлагаемой методики. На рисунке 2 представлена зависимость ошибки определения положения объекта от погрешности определения угла между камерами стереопары при различных величинах базы (0,60 м (для мобильного спасательного транспортного средства), 1,00 м, 1,14 м). Объект находится на расстоянии 500 м. Ошибка в один градус приводит к неточности в 150–300 %.

Погрешность данного метода будет зависеть от: погрешности нахождения первоначального расстояния, найденного при помощи пропорции, погрешности способа стереозрения (чувствительности способа – чем ближе будет объект, тем меньшее изменение расстояния происходит при изменении разности пикселей изображений на единицу), а также от погрешности метода распознавания объекта, т. е. возможности точного выделения его границ.

Зависимость ошибки измерения расстояния методом стереозрения от расстояния до объекта:

$$\varepsilon = \frac{r_{i+1} - r_i}{r_{i+1}}. \quad (4)$$

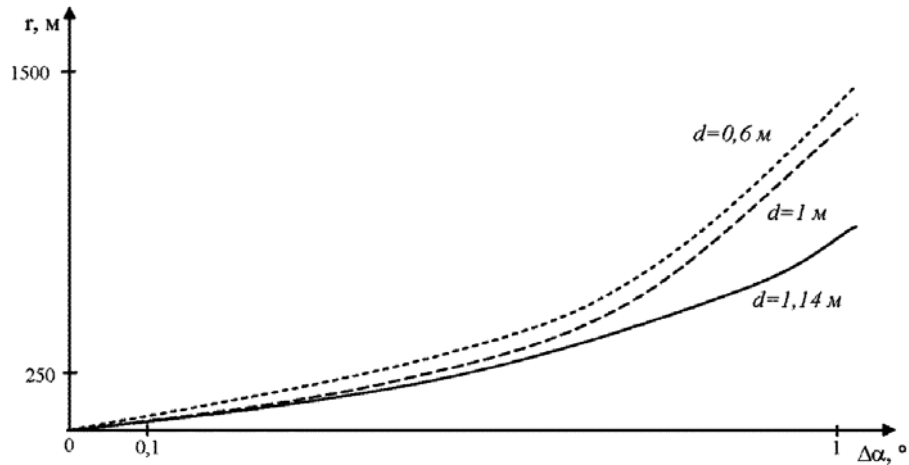


Рисунок 2 – Зависимость погрешности определения положения объекта от ошибки определения угла между осями камер (при величине стереобазы 0,60 м, 1,00 м, 1,14 м)

Ниже приведен график зависимости погрешности метода стереозрения от расстояния до объекта для различных геометрических размеров изучаемой цели.

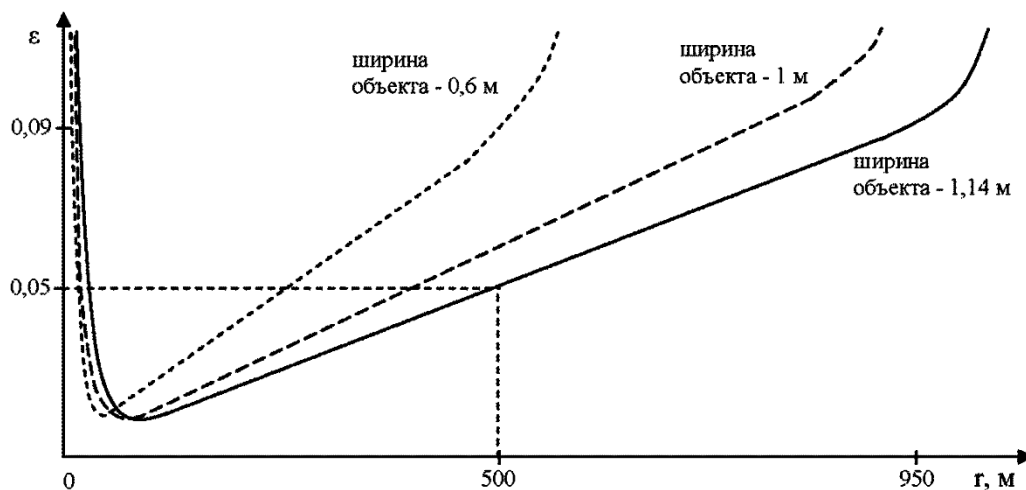


Рисунок 3 – Зависимость погрешности метода стереозрения от расстояния до объекта для различных геометрических размеров изучаемой цели

Результаты математического моделирования процесса стереораспознавания позволили спрогнозировать расстояние до определяемого объекта по количеству различающихся пикселей с двух синхронных изображений, вычислить зависимость точности определения положения изучаемого объекта от первоначальной ошибки во взаимном ориентировании камер.

В дальнейшем предполагается усовершенствовать математический и программный аппарат для увеличения точности детектирования объекта и возможности использования спроектированного комплекса в реальных задачах обеспечения безопасности и соблюдения ПДД на автомобильных дорогах.

В самом простом варианте данные с камер могут выводиться водителю (на панель приборов) в виде расстояния до впереди идущего автомобиля. При быстром сближении можно выдавать предупреждающий сигнал. Полученные в результате обработки

данные могут быть использованы для комплексной системы безопасности, которая сможет не только предупредить водителя, но и самостоятельно остановить автомобиль в случае необходимости.

Описанные в данной статье методы обработки данных с камер позволяют получить дешевый датчик с широким спектром применения для автомобильных систем безопасности.

Литература

- 1 Протасов, С. И. Об одном подходе к решению задачи ректификации по сцене без калибровки камер / С. И. Протасов, А. А. Крыловецкий, С. Д. Кургалин // Изв. Юж. федер. ун-та. Техн. науки. – 2012. – Т. 131, № 6. – С. 144–148.
- 2 Адаптация алгоритмов технического зрения для систем управления шагающими машинами / С. А. Быков [и др.] // Изв. Волгогр. гос. техн. ун-та. – 2011. – Т. 3, № 10. – С. 52–56.
- 3 Herbert Bay, Andreas Ess, Tinne Tuytelaars, Luc Van Gool «SURF: Speeded Up Robust Features», Computer Vision and Image Understanding (CVIU). – 2008. – Vol. 110, № 3. – P. 346–359.
- 4 Andreas Geiger, Martin Roser, Raquel Urtasun. Efficient Large-Scale Stereo Matching // Asian Conference on Computer Vision (ACCV)–2010.
- 5 Rosten, E. Faster and better: A machine learning approach to corner detection / E. Rosten, R. Porter, T. Drummond // IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2010. – Vol. 32, № 1. – P. 105–119.

Поступила в редакцию 25.11.2015

E. V. Legchekova, O. V. Titov

METHOD OF DEFINITION OF THE DISTANCE BETWEEN CARS AT THE MOVEMENT IN THE COLUMN

The method of using video cameras installed on the car, to calculate the distance to the object in its area of movement.

УДК 62-523.1

РОБОТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ОЧАГА ВОЗГОРАНИЯ

В. Н. ПАСОВЕЦ¹, кандидат технических наук, доцент

А. А. ДАРАГАН²

В. А. КОВТУН³, доктор технических наук, профессор

¹Государственное учреждение образования «Командно-инженерный институт»
МЧС Республики Беларусь, г. Минск

²Учреждение «Республиканский центр тылового обеспечения»
МЧС Республики Беларусь, г. Минск

³Государственное учреждение образования «Гомельский инженерный институт» МЧС Республики Беларусь

Представлены основные тенденции развития пожарных роботов. На основе анализа опубликованных работ в области автоматических систем пожаротушения выявлены недостатки применяемых роботов. Представлена разработанная конструкция роботизированного комплекса автоматического обнаружения и ликвидации очага возгорания, позволяющего минимизировать ущерб, вызываемый воздействием огнетушащих веществ на материальные ценности защищаемого объекта.

Ключевые слова: автоматические системы пожаротушения, робот пожаротушения, роботизированный комплекс пожаротушения, газовое огнетушащее вещество.

Введение

Результатом научного прогресса являются не только созданные на сегодняшний день различные материалы, вещества и электронно-вычислительные устройства, но и сложнейшие автоматизированные производственные линии, последствия аварий на которых помимо нанесения материального ущерба могут угрожать жизни и здоровью человека. В связи этим к одной из актуальных проблем противопожарной отрасли можно отнести проблему разработки и внедрения пожарных роботов, позволяющих без участия человека защитить сложные технические объекты.

Активное применение пожарных роботов началось в конце XX в. и уже в настоящее время они нашли широкое применение во многих областях промышленности. На сегодняшний день к пожарным роботам относят автоматические устройства, манипулирующие пожарным стволом в сферической системе координат. Данные устройства оснащаются дистанционным управлением и изготавливаются на базе лафетных стационарных стволов с фиксированной или подвижной установкой [1].

Пожарные роботы обеспечивают оперативное тушение очага возгорания в его начальной стадии без участия человека и приводятся в действие по объективным показателям, таким как уровень содержания продуктов горения в газовой смеси, температура окружающей среды и спектр светового потока. Применение данных устройств противопожарной защиты актуально на объектах, где установка традиционных дренчерных и спринклерных автоматических установок пожаротушения либо не воз-

можно из-за объемно-планировочных решений объекта и негативных факторов, препятствующих участию людей тушению пожара, либо экономически не целесообразна из-за материального ущерба, наносимого в процессе ликвидации очага возгорания. Например, автоматические установки пожаротушения нецелесообразно применять в ангарах для самолетов, тоннелях, концертных залах, машинных отделениях, трансформаторных и других объектах.

Лидерами по разработке, созданию и внедрению пожарных роботов на территории постсоветского пространства являются ФГУ ВНИИПО МЧС России, НПО «Инженерный центр пожарной робототехники «ЭФЭР», МГТУ им. Баумана, Университет комплексных систем безопасности. Однако в последнее время различные отрасли экономики Республики Беларусь все чаще требуют создания отечественных разработок в данном направлении, основанных на прогрессирующих информационных технологиях и способных конкурировать на мировом рынке. Оснащение систем пожарной безопасности объектов автоматическими установками пожаротушения является требованием не только нормативно-правовых документов [2–4] и страховых компаний, но и одним из путей снижения степени риска за счет исключения человеческого фактора при принятии решений.

В настоящее время существуют роботизированные комплексы, базирующиеся на шасси транспортных средств, беспилотных летательных аппаратах или лафетных стволах. Наибольшее распространение получили роботизированные комплексы на основе лафетных стволов [4, 5] (рисунок 1) и шасси транспортных средств (рисунок 2).



Рисунок 1 – Пожарные роботы на базе лафетных стволов [5]



Рисунок 2 – Пожарный робот на собственном шасси [6]

В роботах на базе лафетных стволов подача огнетушащего вещества осуществляется только по магистральной сети. Роботы на шасси могут быть запитаны от пожарных рукавов или же оснащены собственными резервуарами. Необходимо особо отметить, что адресная доставка огнетушащих веществ в обоих случаях осуществляется непосредственно в очаг возгорания, а не по площади защищаемого объекта. Для автоматического обнаружения возгорания все устройства оснащаются либо инфракрасными сканерами, либо видеокамерами.

Применение роботов на базе беспилотных летательных аппаратов ограничивается их функциональными возможностями. Они не имеют запаса огнетушащих веществ и применяются в основном для видео- или фотофиксации защищаемой территории, например, лесопосадок.

С использованием пожарных роботов, объединенных по межсетевому стандарту обмена данных RS-485 с сетевыми контроллерами и устройствами управления, создаются роботизированные пожарные комплексы [7].

Проведенный анализ вышеизложенного материала позволяет сделать вывод о том, что на сегодняшний день отсутствуют пожарные роботы для защиты помещений жилого и офисного фондов, научных лабораторий с дорогостоящим оборудованием, электрощитовых, компьютерных залов и других объектов, что создает предпосылки для решения актуальной проблемы по разработке роботизированного комплекса автоматического обнаружения и ликвидации очага возгорания.

Таким образом, цель работы заключалась в разработке роботизированного комплекса автоматического обнаружения и ликвидации очага возгорания.

Основная часть

В процессе выполнения научных исследований разработана новая конструкция роботизированного комплекса, предназначенного для обнаружения и ликвидации очага возгорания в начальной стадии развития пожара до появления пламени, что является его основным отличием от существующих систем [7]. В качестве огнетушащих веществ возможно применение воды, пенных растворов, аэрозолей и их комбинаций в зависимости от условий и факторов, преобладающих в защищаемой зоне. Одним из перспективных огнетушащих веществ, позволяющих достичь максимального эффекта при решении задач, возложенных на разработанный роботизированный комплекс автоматической ликвидации пожара, является Novex 1230 [8].

При разработке предусмотрены три режима управления роботизированным комплексом:

- ручной, обеспечивается с помощью специализированного программного обеспечения, установленного на персональном компьютере оператора; при помощи радиопульта;
- автоматический, при котором вмешательство оператора в работу системы исключено, тушение производится согласно алгоритму программы; отключение возможно только лицами, ответственными за противопожарное состояние;
- комбинированный, позволяет оператору вносить корректировки в процессе работы комплекса, например, корректировать траекторию движения, отключать модуль обнаружения и ликвидации очага возгорания.

Основными элементами разработанного комплекса, схема которого представлена на рисунке 3, являются: модуль обнаружения и ликвидации очага возгорания; активные элементы обнаружения возгорания (датчик концентрации газов, датчик пламени и т. д.); контроллер синхронизации; блок радиуправления; радиопульт оператора; источник бесперебойного питания; электроклапан подачи огнетушащих веществ.

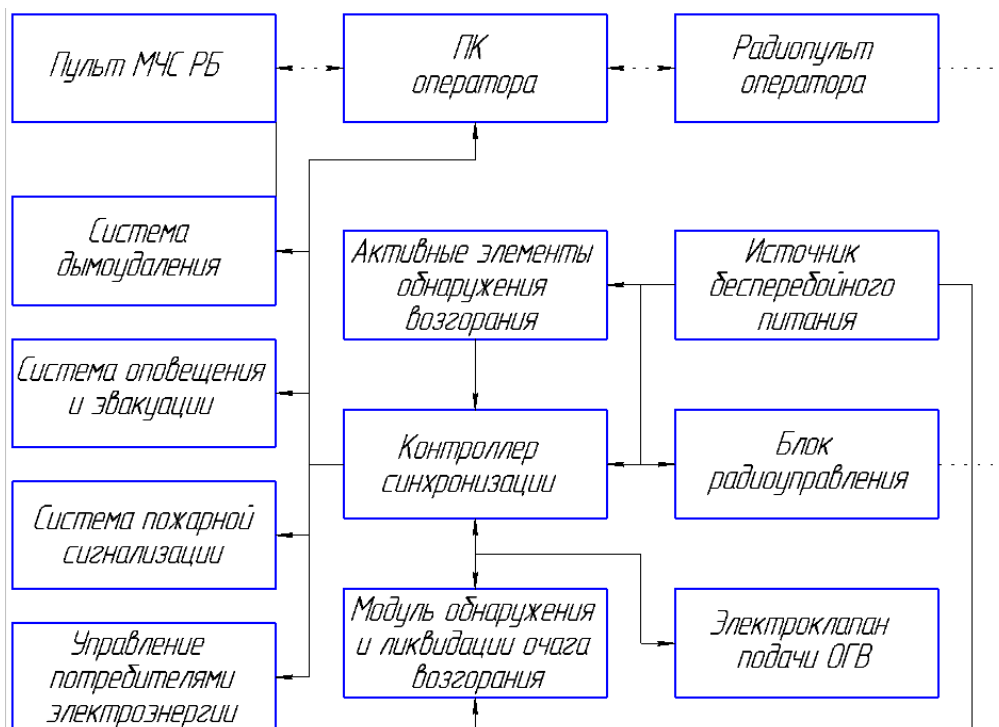


Рисунок 3 – Схема разработанного роботизированного комплекса автоматического обнаружения и ликвидации очага возгорания

Протокол интеграции разработанного комплекса в существующую систему передачи данных определен стандартом RS-485. Для установления связи между ведомыми устройствами и устройствами управления (активные элементы, радиопульт, контроллеры, модуль определения и ликвидации очага возгорания) применяется защищенный на основе CRC-кодирования радиоканал с полосой частот 418–455 МГц.

Контроллер синхронизации необходим для интеграции роботизированного комплекса в существующую систему пожаротушения. Функциональное назначение контроллера синхронизации заключается в передаче адреса активного элемента обнаружения факторов горения на приемно-контрольный прибор пожарной сигнализации, управлении энергопотребителями, запуске систем оповещения, эвакуации и дымоудаления. Посредством контроллера синхронизации осуществляется передача тепловой карты на персональный компьютер оператора, дистанционное управление роботизированным комплексом, а также трансляция управляющих сигналов в обоих направлениях.

Активные элементы обнаружения факторов пожара предназначены для адресной инициализации систем оповещения, сигнализации, дымоудаления и запуска модуля обнаружения и ликвидации очага возгорания. В зависимости от эксплуатационных параметров и характеристик защищаемого объекта в качестве данных элементов могут быть применены дымовые извещатели, датчики пламени, температурные датчики и другие элементы различных типов, подключенные как по схеме однотипного исполнения, так и по комбинированной схеме.

Модуль обнаружения и ликвидации очага возгорания предназначен для своевременного предупреждения развития пожара путем подачи огнетушащих веществ в зону горения. Активация данного модуля осуществляется за счет активных элементов комплекса. На сегодняшний день разработана конструкция модуля автоматического обнаружения и ликвидации очага возгорания, представленная на рисунке 4. На основании конструкторской документации разработана 3-D модель данного модуля (рисунок 5).

Принцип взаимодействия основных компонентов модуля автоматического обнаружения и ликвидации очага возгорания в режиме «Пожар» заключается в следующем (рисунок 4). При помощи основания 1 модуль крепится к потолку или перекрытию защищаемого объекта согласно проекту системы пожаротушения. При активизации роботизированного комплекса управляющий контроллер синхронизации подает сигнал на электропривод вертикального перемещения 19, выводящий сопло 8 в положение режима «Пожар». Взаимодействие подвижной части модуля с основанием осуществляется через передачу винт-гайка 11. Во избежание перекоса при движении вышеупомянутых частей модуля по направляющим осям 2 предусмотрены отжимные пружины 15.

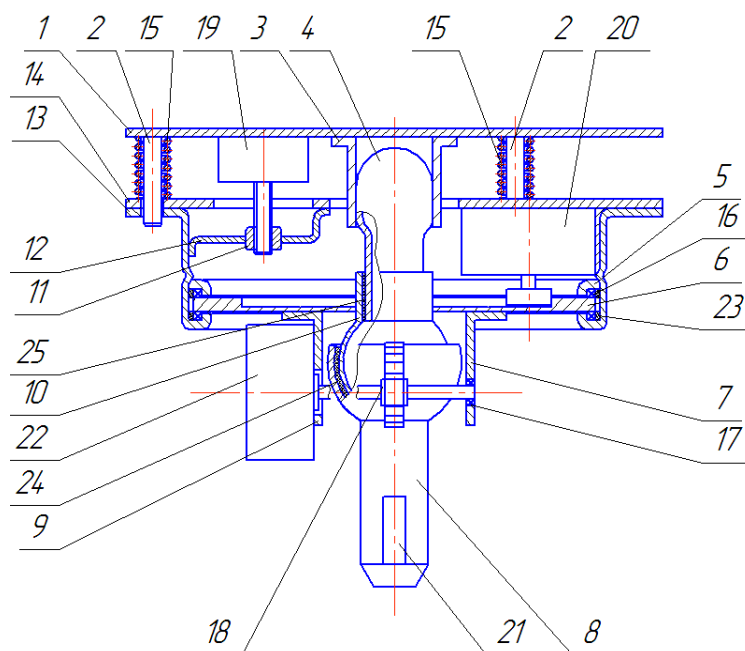


Рисунок 4 – Конструкция модуля автоматического обнаружения и ликвидации очага возгорания: 1 – основание; 2 – ось; 3 – стакан; 4 – угольник; 5 – шайба; 6 – диск; 7 – опора; 8 – сопло; 9 – опора; 10 – втулка поворотная; 11 – втулка резьбовая; 12 – скоба; 13 – корпус; 14 – диск; 15 – пружина; 16 – шарик; 17 – подшипник; 18 – шестерня; 19 – электропривод постоянного тока; 20 – сервопривод; 21 – пирометрический датчик; 22 – сервопривод; 23–25 – уплотнения

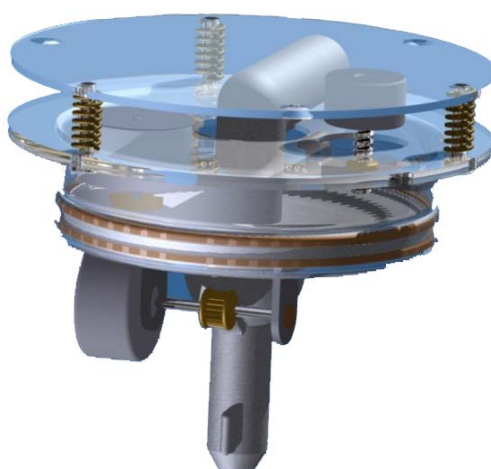


Рисунок 5 – 3-D модель модуля автоматического обнаружения и ликвидации очага возгорания

Пространственное позиционирование сопла 8 осуществляется сервоприводами 20 и 22 по сигналу управляющего контроллера синхронизации. Вращение подвижной части относительно собственной оси совершает сервомотор 20. Для уменьшения потерь на трение между диском 6 и корпусными элементами (корпус 13 с шайбой 5) предусмотрен упорный подшипник 16. Передача вращательного момента от сервопривода 20 к диску 6 происходит с помощью цилиндрической зубчатой передачи. Позиционирование сопла 8 в декартовой системе координат осуществляется сервоприводом 22, жестко смонтированным на диске 6, через зубчатой передачи, выполненной в виде шестерни 18 и зубчатого гребня на корпусе сопла 8.

Подача огнетушащего вещества производится через угольник 4, подсоединенный к напорной магистрали, втулку поворотную 10 и непосредственно сопло 8. Для предотвращения течи в подвижных соединениях предусмотрены полиуретановые уплотнения 24 и 25. На поворотном сопле 8 установлен инфракрасный датчик, позволяющий получить тепловую карту защищаемого объекта.

Специализированное программное обеспечение в автоматическом режиме по объемным температурно-временным критериям и заданному алгоритму программного обеспечения способно различать объекты (людей, источник возгорания, объекты с повышенным тепловым выделением). В результате разработанный роботизированный комплекс исключает большие временные и материальные затраты на настройку системы и ввод ее в эксплуатацию. Примером распознавания может служить предварительное определение траектории движения домохозяйки с нагретыми предметами на кухне, что в дальнейшем исключит ложное срабатывание системы.

Для регулировки диаметра следа распыла огнетушащих веществ на сопле устройства устанавливается регулируемая насадка. Ее настройка осуществляется в автоматическом режиме посредством управляющих сигналов автоматики и пьезоэлемента.

В качестве приводов, координирующих поворотное сопло, применяются высокомоментные и в то же время низковольтные сервоприводы. Для реализации поступательного перемещения служит двигатель постоянного тока.

Электрочлапан предназначен для управления подачей огнетушащего вещества. Исполнительным устройством является сервопривод с клапанным механизмом. Управление осуществляется по сигналу от контроллера синхронизации.

Электропитание системы осуществляется от источника бесперебойного питания, но во избежание непредвиденного отключения устройств в процессе негативного воздействия факторов пожара они комплектуются встроенными элементами питания, например аккумуляторами.

Рассмотрим принцип действия системы в автоматическом режиме при условии возникновения возгорания в квартире, защищаемой разработанным роботизированным комплексом. На стадии монтажа системы автоматического пожаротушения подразумевается разбиение площади защищаемого помещения на сектора с последующей калибровкой устройства. Полученные в результате наладки координаты в дальнейшем будут являться опорными точками траектории обхода защищаемой поверхности. Затем устанавливаются пороговые значения срабатывания системы по температуре и чувствительность к задымленности, производится предустановка режима управления. Запуск системы сопровождается тестированием всех электронных блоков и механизмов.

После запуска комплекса все устройства находятся в режиме ожидания. При возникновении первой стадии чрезвычайной ситуации – появлении дыма – произойдет срабатывание дымового извещателя и изделие начнет издавать звук характерной тональности для предупреждения людей об опасности. Передача сигнала режима «Пожар» на модуль обнаружения и ликвидации очага возгорания произойдет только при

выполнении условия превышения температуры под потолком помещения заданного порога 57 °С [2]. Данное ограничение необходимо для защиты от ложного срабатывания системы. Далее следует передача сигнала о возникновении чрезвычайного происшествия на контроллер синхронизации, который в свою очередь выдаст команду на запуск модуля автоматического обнаружения и ликвидации очага возгорания. Контроллер, посредством протокола RS-485, производит запуск систем: оповещения и эвакуации людей, дымоудаления и управления энергопотребителями, с последующей регистрацией события и вызова службы МЧС Республики Беларусь.

По получению сигнала «Пожар» модуль активируется. Контроллер подает сигнал на открытие декоративной заслонки, расположенной в потолке, в случае скрытого расположения. Факт выполнения этого действия контролируется парой микропереключателей. В случае заклинивания механизма заслонки и невозможности ее открытия система принимает решение о разрушении последней путем поступательного воздействия соплом.

Работа модуля начинается с выхода на позицию сканирования секторов. После того, как сопло займет требуемое положение, производится замер температуры под потолком помещения. Если встроенным тепловым датчиком подтверждается превышение значения 57 °С, то запускается режим сканирования секторов с использованием пирометрического датчика. В противном случае сопло переходит в режим ожидания.

Сканирование происходит по заранее заданному алгоритму работы программы. Процесс обхода контролируемых зон проводится три раза для исключения ложного срабатывания устройства. Сектора будут считаться активными, если системой было установлено изменение температуры в них. На основании результатов сканирования строится траектория ликвидации очага возгорания.

При наличии активных зон контроллер подает сигнал на сервопривод электроклапана, который открывает противопожарный трубопровод, предоставляя тем самым возможность подачи огнетушащих веществ в идентифицированную системой область горения или тления. Система в действии изображена на рисунках 6 и 7.

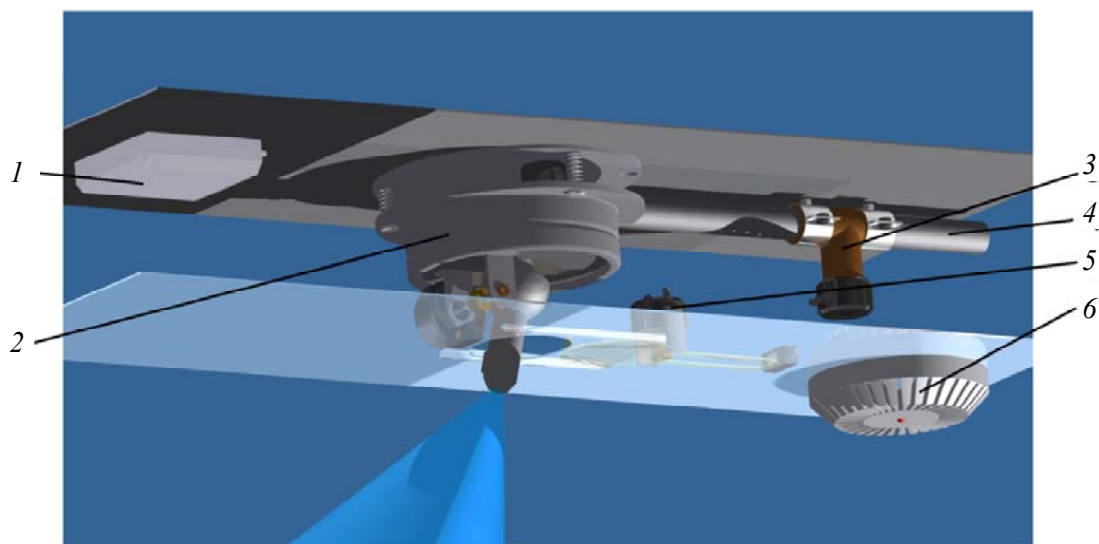


Рисунок 6 – Потолочное расположение роботизированного комплекса автоматического обнаружения и ликвидации очага возгорания:

- 1 – контроллер синхронизации; 2 – модуль автоматического обнаружения и ликвидации очага возгорания; 3 – электроклапан; 4 – магистральный трубопровод; 5 – электропривод декоративной заслонки; 6 – дымовой извещатель

Процесс тушения сопровождается сканированием температуры и отображением тепловой картины на дисплей персонального компьютера оператора. Если в определенном секторе значение температурного параметра упало до 30 °С, зона исключается из траектории. Таким образом, сигналом для прекращения подачи огнетушащего вещества служит выполнение необходимого условия, а именно снижение температуры в секторах ниже 30 °С и под потолком ниже 57 °С, а также снижение уровня задымления. При этом до прибытия пожарной службы модуль переходит в режим дежурного сканирования, дымовой извещатель продолжает издавать звуковой сигнал.

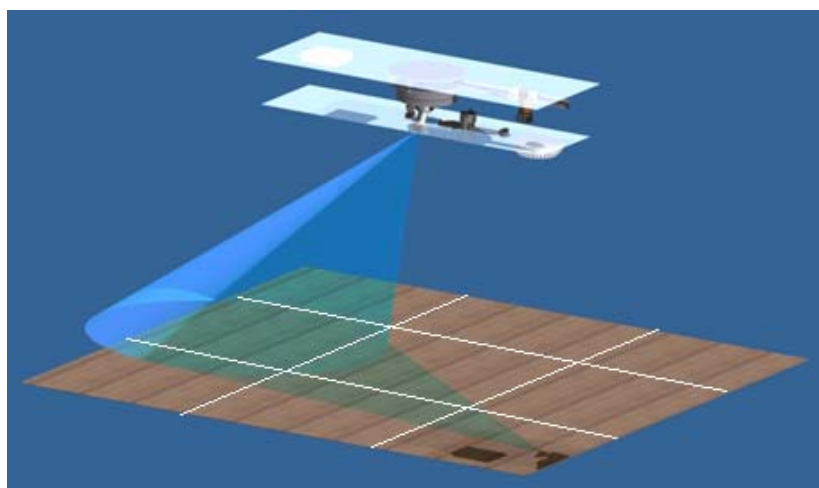


Рисунок 7 – Модель процесса тушения идентифицированной области горения с использованием роботизированного комплекса автоматического обнаружения и ликвидации очага возгорания

Заключение

Несмотря на активное применение существующих систем автоматического пожаротушения, остается актуальным вопрос разработки роботизированных комплексов автоматического обнаружения и ликвидации возгорания, позволяющих снизить затраты на огнетушащие вещества, а также минимизировать ущерб от тушения защищаемого объекта.

Внедрение на практике разработанного роботизированного комплекса автоматического обнаружения и ликвидации очага возгорания позволит повысить уровень безопасности эксплуатации защищаемого объекта, сократить материальные затраты на приобретение специализированного противопожарного оборудования, минимизировать ущерб от воздействия опасных факторов пожара. Основными преимуществами разработанного роботизированного комплекса по сравнению с существующими аналогами являются: широкая номенклатура защищаемых объектов; простота конструкции; применение унифицированных деталей, изделий и узлов, а также радиоэлектронных компонентов; защита от ложных срабатываний; низковольтное электропитание; взаимодействие с другими системами дымоудаления, оповещения и эвакуации людей, сигнализации и управления энергопотребителями пожаротушения.

Литература

- 1 Техника пожарная. Установки пожаротушения роботизированные. Общие технические требования. Методы испытаний : ГОСТ Р 53326–2009. – Введ. 18.02.09. – М. : Федер. агентство по техн. регулированию и метрологии, 2009. – 19 с.

- 2 Пожарная автоматика зданий и сооружений. Строительные нормы проектирования : ТКП 45-2.02-190–2010 (02250). – Введ. 19.04.10. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2010. – 126 с.
- 3 Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности : ТКП 474–2013 (02300). – Введ. 29.01.13. – Минск : М-во по чрезвычайн. ситуациям Респ. Беларусь, 2013. – 53 с.
- 4 Область применения автоматических систем пожарной сигнализации и установок пожаротушения : НПБ 15-2007. – Введ. 01.03.08. – Минск : Науч.-исслед. ин-т пожар. безопасности и проблем чрезвычайн. ситуаций МЧС Респ. Беларусь, 2008. – 27 с.
- 5 Пожарные роботы в современных технологиях автоматического пожаротушения / Ю. Горбань // Мост Безопасности. 2010. – Режим доступа: <http://www.security-bridge.com>. – Дата доступа: 25.10.2015.
- 6 Овчинников, Д. Пермский «Валли». Робот-пожарный, который не боится дыма и огня / Д. Овчинников // Аргументы и факты. – 2014. – Режим доступа: <http://www.aif.ru>. – Дата доступа: 25.10.2015.
- 7 Роботизированный пожарный комплекс : пат. 2319530 РФ, А62С37/00 / Ю. И. Горбань ; заявитель ЗАО «Инженерный центр пожарной жаротехники ЭФЭР»-2005136627/12 ; заявл. 24.11.05 ; публ. 20.03.08 // Офиц. бюл. / Федер. служба по интеллектуал. собственности, патентам и товарным знакам. – 2008. – № 8.
- 8 Novex™ 1230. Мифы и реальность / Artsok. – Режим доступа: <http://www.artsok.com>. – Дата доступа: 25.10.2015.

Поступила в редакцию 29.02.2016

V. N. Pasovets, A. A. Daragan, V. A. Kovtun
ROBOTIC SYSTEMS FOR AUTOMATIC DETECTION AND SUPPRESSION
RELEASE

The main directions of development of fire robots are presented. Based on analysis of published studies identified shortcomings of robots. The developed design of robotic systems for automatic detection and elimination of a fire to minimize the damage caused by the impact of the fire extinguishing substances to the material values of the protected object.

УДК 614.846

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ВОДОЗАПОЛНЕНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА ПОЖАРНОЙ АВТОЦИСТЕРНЫ

А. В. ШНЫПАРКОВ, кандидат физико-математических наук, доцент
В. В. КОПЫТКОВ, кандидат технических наук, доцент

*Государственное учреждение образования «Гомельский инженерный институт»
МЧС Республики Беларусь*

Предложен механизм, автоматизирующий процесс водозаполнения центробежного насоса ПН-40УВ автоцистерны.

Ключевые слова: пожарная автоцистерна, центробежный насос, газоструйный, вакуумный насос, гидрокамера.

Введение

Для успешной борьбы с пожарами и их трагическими последствиями наряду с целым комплексом мер обеспечения пожарной безопасности необходимо решать задачу совершенствования пожарной техники, и в том числе повышать эффективность работы пожарных автомобилей – автоцистерн и автонасосов – основных технических средств при ликвидации возникшего пожара, находящихся на вооружении пожарной службы.

Основной задачей насосных установок пожарных автоцистерн (далее – ПА) считается обеспечение требуемой подачи и напора воды и водных растворов пенообразователя, необходимых для эффективного тушения пожара. Отечественные ПА комплектуются в основном центробежным насосом ПН-40УВ, выпускаемым с семидесятых годов ОАО «Ливенский машиностроительный завод» [1]. В подразделениях на боевом вооружении до сих пор находятся АЦ-40(130)137А, оборудованные центробежным насосом ПН-40УВ с газоструйным вакуумным насосом для водозаполнения.

Кроме этого отечественные ПА не оборудованы автоматическими системами водозаполнения. Используемые в пожарной технике центробежные насосы могут начать подачу воды в пожарные рукава только после предварительного заполнения водой их рабочей полости и всасывающей линии. Вместе с тем в нашей стране более чем на 30 % всех пожаров подача воды ПА производится из открытого водоисточника.

Заливка и пуск насоса ПА, определяющие во многом время подачи воды на пожаротушение, не автоматизированы и слагаются в общей сложности из 11 операций. Это требует высокой тренированности обслуживающего персонала и не исключает ошибок, приводящих к задержке начала подачи воды или к срыву водяного столба на всасывающей линии и прекращению подачи воды на пожаротушение [2].

В этой связи вполне естественной видится задача автоматизации процесса водозаполнения центробежного насоса автоцистерны.

Основная часть

Недостатками газоструйных вакуум-насосов, предназначенных для предварительного водозаполнения центробежных насосов ПА, считаются: возникновение значи-

тельного противодействия в выхлопном тракте двигателя (до 0,22 МПа), а также большое количество отказов вследствие коррозии осей и деформации заслонок, расположенных в распределительной камере и постоянно подверженных тепловому и химическому воздействию отработавших газов. Отказы этих элементов появляются уже в первый год эксплуатации: заклинивание и разрушение заслонок, прогорание и коробление самих заслонок, прогорание и разрушение шпилек и гаек. Следует также отметить еще один важный эксплуатационный недостаток газоструйных вакуум-насосов: увеличение выброса в окружающую среду токсичных газов. В результате противодействия, возникающего в выхлопном тракте двигателя, в последнем происходит неполное сжигание топлива, вследствие чего концентрация токсичных газов, выбрасываемых в атмосферу, возрастает на 10 % у карбюраторных двигателей и на 60 % – у дизельных. При ежедневной проверке на сухой вакуум при смене караулов в гаражах пожарных частей концентрация оксида углерода превышает предельно допустимые концентрации в десятки раз.

Для уменьшения времени включения пожарного насоса в работу, а также исключения человеческого фактора лучшим решением будет создание автоматической системы водозаполнения центробежного насоса ПН-40УВ с использованием шибера насоса с механическим приводом включения производства Ливенского завода противопожарного машиностроения. Для автоматизации процесса водозаполнения необходимо установить гидрокамеру и механизм выключения-включения вакуумного насоса, демонтировав предварительно механический привод.

На напорном коллекторе нормального давления установили гидрокамеру (рисунок 1). В полости гидрокамеры, которая сообщается с полостью коллектора, установлен сильфон 2. Внутренняя полость сильфона сообщается трубопроводом с рабочей полостью механизма автоматического отключения вакуумного насоса. Указанные полости и трубопровод заполнены рабочей жидкостью, в качестве которой используется тормозная жидкость типа «Нева».

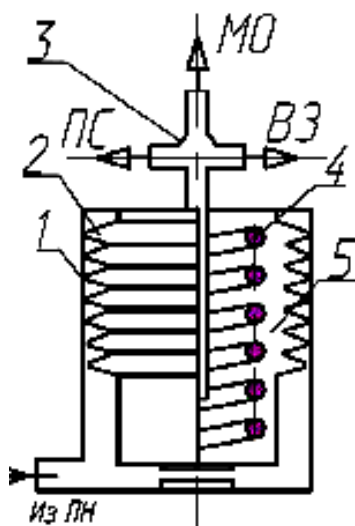


Рисунок 1 – Гидрокамера:

- 1 – корпус; 2 – сильфон; 3 – тройник; 4 – пружина;
- 5 – гидравлическая жидкость (тормозная жидкость «Нева»);
- МО – линия к механизму отключения вакуумного насоса

Далее непосредственно перед шибером необходимо установить механизм выключения-включения вакуумного насоса (рисунок 2):

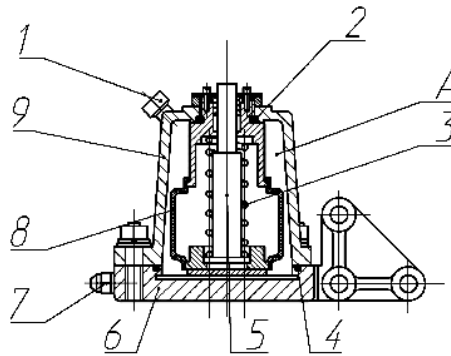


Рисунок 2 – Механизм выключения-включения вакуумного насоса:
1 – пробка для выпуска воздуха при заправке; 2, 4 – кольцо уплотнительное;
3 – пружина возвратная; 5 – толкатель; 6 – корпус; 7 – штуцер подключения трубопровода
от сиффона выключения вакуумного насоса; 8 – сиффон; 9 – стакан;
А – полость, сообщающаяся с сиффоном выключения вакуумного насоса

Сиффон механизма выключения вакуумного насоса под действием избыточного давления жидкости сжимается и через толкатель 5 воздействует на корпус вакуумного насоса. Вакуумный насос смещается, и диски выходят из контакта друг с другом, привод вакуумного насоса отключается. При обрыве столба воды давление, развиваемое центробежным насосом, падает, пружина перемещает вакуумный насос до соприкосновения ведущего и ведомого дисков привода вакуумного насоса, привод вакуумного насоса включается. Эти два узла соединены трубкой. Гидрокамера установлена в месте крепления вакуумного затвора на насосе ПН-40, а механизм выключения включения непосредственно на кронштейне шибера и шток соединен с шибером.

Принципиальные схемы водопенных коммуникаций пожарных автоцистерн больших отличий не имеют. Управление водопенными коммуникациями на многих автоцистернах ручное.

После модернизации насоса ПН-40УВ и установки всех элементов принципиальная схема будет иметь вид, представленный на рисунке 3.

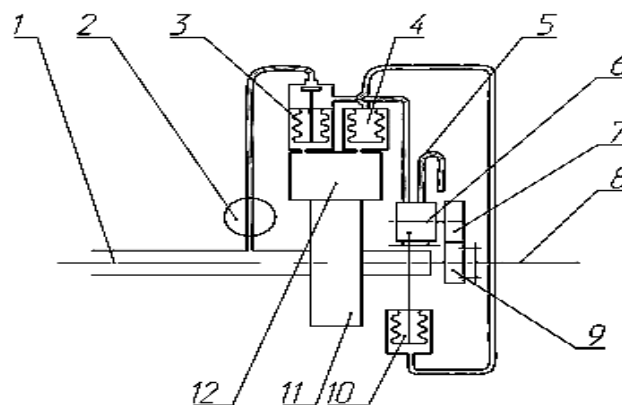


Рисунок 3 – Принципиальная схема модернизированного ПН-40УВ:
1 – всасывающий патрубок; 2 – вакуумный кран; 3 – вакуумный затвор;
4 – сиффон выключения вакуумного насоса (гидрокамера);
5 – выкидной патрубок вакуумного насоса; 6 – шиберный вакуумный насос;
7 – фрикционный диск вала привода вакуумного насоса;
8 – вал привода центробежного насоса; 9 – фрикционный диск на валу центробежного насоса;
10 – механизм выключения-включения вакуумного насоса;
11 – центробежный насос; 12 – коллектор центробежного насоса

Заключение

На сегодняшний день на многих автоцистернах, стоящих на вооружении подразделений МЧС, в качестве насоса для водозаполнения пожарного насоса используются газоструйные вакуумные насосы. Заливка и пуск насоса ПА, определяющие во многом время подачи воды на пожаротушение, слагаются в общей сложности из 11 операций. Это требует высокой тренированности обслуживающего персонала и не исключает ошибок, приводящих к задержке начала подачи воды или к срыву водяного столба на всасывающей линии и прекращению подачи воды на пожаротушение. Предлагаемое техническое решение исключает данные недостатки.

Литература

- 1 Безбородько, М. Д. Пожарная техника : учебник / М. Д. Безбородько. – М. : Акад. ГПС МЧС России, 2004. – 550 с.
- 2 Боднарук, В. Б. Пожарное аварийно-спасательное оборудование: Пожарные насосы : пособие для курсантов и слушателей специальности 1.94.01.01 «Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций» / В. Б. Боднарук, И. М. Вертячих, В. К. Сазонов ; М-во по чрезвычайн. ситуациям Респ. Беларусь, Гомел. инженер. ин-т. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2012. – 160 с.
- 3 Галдин, Н. С. Основы гидравлики и гидропривода : учеб. пособие / Н. С. Галдин. – Омск : СибАДИ, 2006. – 144 с.

Поступила в редакцию 26.11.2015

A. V. Shnyparkov, V. V. Kopytkov

AUTOMATION OF WATER FILLING SYSTEM OF THE CENTRIFUGAL PUMP OF A FIRE TRUCK

The mechanism automating process of water filling of the centrifugal pump «ПН-40УВ» of a fire trucks is offered.

ЭКСТРЕННАЯ МЕДИЦИНА

УДК 615.477.33

ПОЛИМЕРНЫЕ ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ШИНЫ ДЛЯ ИММОБИЛИЗАЦИИ ВЕРХНИХ И НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

В. А. БАННЫЙ^{1,2}, кандидат технических наук, доцент
Е. А. ЦВЕТКОВА³, кандидат технических наук, доцент
В. А. ГОЛЬДАДЕ^{3,4}, доктор технических наук, профессор
В. И. НИКОЛАЕВ², кандидат медицинских наук, доцент
И. С. КУДИНА⁵

¹Государственное учреждение образования «Гомельский инженерный институт»
МЧС Республики Беларусь

²Учреждение образования «Гомельский государственный медицинский
университет», Республика Беларусь

³Учреждение образования «Гомельский государственный университет
имени Ф. Скорины», Республика Беларусь

⁴Государственное научное учреждение «Институт механики
металлополимерных систем имени В. А. Белого НАН Беларуси», г. Гомель

⁵Государственное учреждение здравоохранения «Гомельская городская
станция скорой медицинской помощи», Республика Беларусь

На основе анализа номенклатуры иммобилизационных шин определены материалы для изготовления элементов пневматических шин. Разработаны конструкции элементов шин (резервуар, клапан), выбраны технологии их формирования, изготовлены экспериментальные и опытные партии шин. Проведены технические, санитарно-гигиенические и клинические испытания разработанных шин. Зарегистрированы технические условия на производство отечественных шин пневматических иммобилизационных. Даны практические рекомендации по оснащению комплектами иммобилизационных пневматических шин бригад скорой медицинской помощи, подразделений МЧС и вооруженных сил, патрульных машин ГАИ и т. п.

Ключевые слова: травматологическая помощь, иммобилизация, медицинские пневматические шины, полимерная пленка, поливинилхлорид.

Введение

При переломах, полученных в результате дорожно-транспортных происшествий, различных катастроф, производственных травм и других несчастных случаях главной задачей является скорейшая иммобилизация поврежденных конечностей с целью предотвращения ранних и поздних осложнений и доставка пострадавших в клинику [1, 2]. Чем раньше и совершеннее будет оказана первая медицинская помощь, быстрее и организованнее проведена эвакуация пострадавших в лечебные учреждения, тем меньше будет случаев необоснованной смертности и успешнее клиническое лечение. Одновременно снизятся энерго- и трудозатраты, сократятся продолжительность лечения, сроки медицинской и социальной реабилитации, снизится количество случаев тяжелой инвалидно-

сти. В полевых условиях традиционно используют иммобилизацию с помощью гипсовых бинтов, лестничных и пневматических шин (ПШ). Применение гипсовых бинтов и лестничных шин предполагает не только их наличие, но и владение людьми, оказывающими помощь, медицинскими навыками их применения. ПШ сможет наложить даже человек, не имеющий специальных навыков.

Медицинская ПШ чаще всего состоит из резервуара в виде сваренных по периметру двух слоев эластичной пленки, снабженного застежкой «молния» (либо другими фиксирующими элементами) и клапаном для нагнетания воздуха. Создаваемое в шинах за счет нагнетания воздуха избыточное давление придает необходимую жесткость конструкции и обеспечивает надежную иммобилизацию поврежденной конечности на длительное время, препятствует кровотечению и развитию травматического отека и оказывает противошоковое действие за счет увеличения венозного возврата циркулирующей крови. Принцип действия ПШ следующий: шину надевают на поврежденный сегмент, застегивают на замок-молнию, затем полость шины накачивают воздухом через клапан.

Существует ряд фирм, которые разрабатывают и производят пневматические шины: Декор (Россия); ЗАО «Медтехника» (Россия); ООО «Гео-Оникс» (Россия); «Spencer Italia S.r.l.» (Италия); ООО «ОМНИМЕД» (Россия), Allied Healthcare Products, Inc. (США). Цена комплекта варьируется в пределах от 50 до 130 \$ США. В Беларуси производство ПШ отсутствует.

Известно множество запатентованных конструкций ПШ для иммобилизации конечностей и различных частей тела: отдельных суставов [3]; кисти в виде перчатки, помещенной в герметичную камеру, куда нагнетают воздух [4], или в виде раздувной камеры, помещаемой между большим и прочими пальцами и закрепляемой на кисти эластичным бинтом [5]; для лодыжки [6] в виде конструкции, содержащей нижнюю жесткую опорную пластину, прикрепленных к ней боковых надувных элементов и крепежных ремней. Эти конструкции совершенствуют, снабжая раздувную камеру свистком, сигнализирующим о том, что давление в резервуаре превышает допустимое значение [7], используя нагретые или охлажденные жидкости в качестве агента, создающего не только давление в камере, но и терапевтический эффект [8]. В пневматической шине [9] на внутренней стенке трубчатого резервуара расположены герметичные наполненные воздухом камеры в виде полос, направленных вдоль образующих трубы. Благодаря этому при раздуве трубчатая оболочка прижимается к телу пациента не по всей (номинальной) площади контакта, а касается тела дискретно – камерами, выступающими из внутренней стенки. Следовательно, кровоснабжение затруднено не на номинальной площади контакта шины с телом пациента, а только на узких полосах касания тела с трубчатыми камерами. Участки тела между полосами не нагружены, и кровообращение на них не нарушено.

Цель исследования и ожидаемый эффект

Цель работы состояла в обоснованном выборе полимерных материалов и технологии изготовления отечественных иммобилизационных ПШ, которые по технико-экономическим показателям способны конкурировать с лучшими мировыми аналогами.

Ожидаемый эффект при использовании изделия:

- снижение стоимости комплекта ПШ по сравнению с аналогами;
- организация отечественного импортозамещающего производства ПШ;
- снижение зависимости от импорта и экономия валютных средств.

Разрабатываемые изделия должны создаваться главным образом на основе имеющейся в Республике Беларусь сырьевой базы и по функциональным возможностям соответствовать лучшим зарубежным аналогам. Минимальная потребность Республики Беларусь в ПШ составляет 5 тыс. комплектов в год. Комплект ПШ состоит,

как правило, из четырех типов шин (рука длинная, рука короткая, нога длинная, нога короткая) и упаковки. Оснащение комплектами шин бригад скорой медицинской помощи, патрульных машин ГАИ, машин службы спасения, общественно-культурных центров (школ, дошкольных учреждений, спортивных учреждений) и промышленных предприятий позволит совершеннее оказывать первую медицинскую помощь при травмах конечностей.

Исследования выполнены в рамках задания «Разработать технологию и организовать производство пневматических шин для оказания неотложной травматологической помощи» Государственной программы «Белмедтехника». В процессе выполнения проекта предполагалось создать усовершенствованную конструкцию ПШ и обеспечить ее патентную защиту.

Результаты исследований

Основные составные части ПШ: эластичный резервуар, оснащенный патрубком для нагнетания воздуха с запорным устройством, позволяющим надувать и сдувать изделие, а также застежкой («молния», «липучка», пряжки или др.) для закрепления шины на конечности. При подборе материалов для элементов ПШ руководствовались следующими требованиями: ПШ должна обладать герметичностью, гипоаллергенностью, устойчивостью к биологическим жидкостям (кровь, лимфа, выделения сальных и потовых желез кожи), возможностью рентгеновского обследования и первой диагностики травмы без снятия шины, приемлемыми эргономическими характеристиками [10]. Так как ПШ является изделием многократного применения, то она должна выдерживать дезинфекцию моющими и вводно-спиртовыми растворами.

В качестве материала оболочки ПШ использовали полимерную пленку (ГОСТ 9998–86) из поливинилхлорида (ПВХ, ГОСТ 25250, Россия), изготовленную на ОАО «Пинский завод искусственных кож» (Республика Беларусь). В отличие от прорезиненных тканей, которые применялись ранее для изготовления подобных медицинских изделий, ПВХ пленки обладают рядом преимуществ: прозрачностью в оптическом и рентгеновском диапазонах электромагнитных волн, небольшой массой, невысокой стоимостью и приемлемыми деформационно-прочностными характеристиками. Пленки из ПВХ могут также содержать стабилизаторы термической и термоокислительной деструкции, антистатическую добавку для предотвращения слипания за счет накопления статического электричества. Свойства пластифицированных ПВХ пленок зависят от природы и количества пластификатора. В целом увеличение содержания пластификатора увеличивает прозрачность и мягкость пленки, улучшая ее свойства при низких температурах [11]. Пластифицированные и непластифицированные ПВХ пленки хорошо свариваются различными методами (высокочастотная сварка, термическое прессование и др.). Одним из важных параметров пластифицированной пленки ПВХ является низкая кислородопроницаемость, что важно для обеспечения герметичности резервуара ПШ. По этому параметру ПВХ пленка существенно превосходит пленки из других термопластов (таблица 1).

В таблице 2 приведены сравнительные деформационно-прочностные характеристики пленок ПВХ производства США (аналог – образец взят из резервуара ПШ) и ОАО «Пинский завод искусственных кож». Исследования деформационно-прочностных характеристик при растяжении выполнены по ГОСТ 112262–86 на машине Instron 1115 (фирма Instron Limited Corp., Bucks England). Использовали образцы в виде полосок шириной 10 мм и рабочей длиной 70 мм при скорости движения нагружающего зажима 50 мм/мин. За результат принимали среднее значение пяти повторных измерений.

Таблица 1 – Физические характеристики пленок из некоторых термопластов

Свойства	ПЭНП (ПЭВД)	ПЭВП		СВМПЭ	ПП			АБС	ПВХ Пластикат
		ПЭНД	ПЭСД		21060	01020	21060-29, А20		
Плотность, кг/м ³	918–935	945–955	940	940	910	900	1050	1040	1100–1300
Температура плавления, °С	105–115	130–135	125–135	125–135	165–170	165–170	165–170	210–240	165–170
Температура размягчения, °С	60–65	80–90	110–120	110–120	120–140	120–140	120–140	90–105	65
Молекулярная масса промышленных марок, 10 ⁴	2–5	7–35	4–7	350–600	6–20	6–20	6–20	12–18	4–15
Морозостойкость, °С	до –70	до –70	до –70	–80	–20	–25	–60	–40	до –60
О ₂ -проницаемость, см ³ /м ² за 24 ч при перепаде давления 0,1 МПа	480	400–480	400–480	400–480	150	150	150	–	8

Таблица 2 – Сравнительные деформационно-прочностные характеристики образцов пленки ПВХ производства США и ОАО «Пинский завод искусственных кож»

Образец пленки	Толщина пленки, мкм	Относительное удлинение, %	Прочность при разрыве, МПа	Модуль Юнга при растяжении, МПа
США	185–190	263	19,38	14,0
Республика Беларусь	240–250	220	21,24	19,89

Видно, что образцы пленки ПВХ производства США и ОАО «Пинский завод искусственных кож» имеют близкие деформационно-прочностные характеристики.

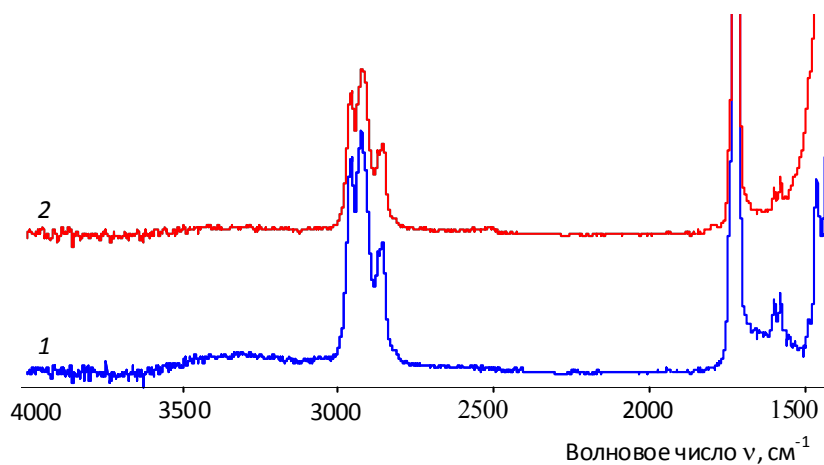


Рисунок 1 – ИК-спектры пленок ПВХ производства США (1) и ОАО «Пинский завод искусственных кож» (2)

На рисунке 1 приведены ИК-спектры образцов ПВХ пленки, полученные на инфракрасном Фурье-спектрометре Nicolet 5700. Анализ ИК-спектров образцов пленок показал, что в обоих случаях характеристические полосы поглощения свойственны для ПВХ материала [12]. Это свидетельствует о полной идентичности пленок ПВХ, производства США и ОАО «Пинский завод искусственных кож», составляющих резервуар ПШ.

Обратные газовые клапаны являются обязательным элементом ПШ медицинского назначения, применяемых для фиксации поврежденных конечностей. Авторами разработана конструкция газового обратного клапана [13]. Были изготовлены литьевые формы для формирования элементов газового клапана. Методом литья под давлением сформированы корпусной и внутренний элемент клапана. В качестве материала для корпусного элемента использован ПВХ с различным содержанием пластификатора (диоктилфталата). Использование других термопластов для литья корпусного элемента клапана невозможно из-за несовместимости материала камеры шины (ПВХ пленка) и корпуса клапана, а следовательно, невозможности термического сваривания этих материалов. Напротив, внутренний элемент клапана может быть сформирован из различных термопластов: полиэтилена, полипропилена, ПВХ. На рисунке 2 показан изготовленный по предложенной конструкции газовый обратный клапан.



Рисунок 2 – Газовый обратный клапан, термически сваренный с ПВХ пленкой резервуара ПШ

Наиболее приемлемыми для сваривания пленок ПВХ, клапана и формирования рукава ПШ является сварка нагретым инструментом [14]. При контактно-тепловой сварке прессованием используют постоянно нагретый инструмент с большой теплоемкостью. Длительность разогрева материала в месте соединения уменьшается до нескольких минут при использовании инструмента, нагретого на 20–50 °С выше температуры плавления полимера (в зависимости от толщины детали). Детали могут быть соединены одновременно по всей поверхности шва. Для непрерывного получения шва значительной длины, например, при сварке пленочных изделий, может быть использована как ручная, так и механизированная сварка. В первом случае применяют инструмент в виде полоза, во втором – в виде роликовых или ленточных устройств. С использованием сварки способом прокатки разогретым стальным роликом на ЗАО «Завод химических изделий» (г. Гомель, Республика Беларусь) изготовлены опытно-промышленные образцы ПШ, которые представлены на рисунке 3.



Рисунок 3 – Опытно-промышленные образцы ПШ:
а – внешний вид изделий; *б* – ПШ типа КН для транспортной иммобилизации стопы или голени в «рабочем положении»

Комплект ПШ, состоящий из четырех шин различных типоразмеров, предназначен для оснащения бригад скорой медицинской помощи и специалистов МЧС. Каждая шина из комплекта предназначена для иммобилизации определенного сегмента конечности, имеет унифицированные размеры и форму, близкую к сегментам конечностей. В комплект поставки шин входят четыре типа шин (КР – шина пневматическая иммобилизационная, короткая, предназначена для транспортной иммобилизации при повреждениях кисти или предплечья; ДР – шина пневматическая иммобилизационная, длинная, предназначена для транспортной иммобилизации при повреждениях плеча; КН – шина пневматическая иммобилизационная, короткая, предназначена для транспортной иммобилизации при повреждениях стопы или голени; ДН – шина пневматическая иммобилизационная, длинная, предназначена для транспортной иммобилизации при повреждениях коленного сустава), трубка для нагнетания воздуха (4 шт.), инструкция по применению и упаковка потребительская или групповая.

Технические характеристики ПШ иммобилизационных:

- габаритные размеры комплекта шин в сложенном состоянии не более 400 x 400 x 50 мм;
- масса комплекта шин в упаковке не более 0,8 кг;
- время подготовки шины к эксплуатации не более 4 мин;
- рабочее давление в камере 5–8 кПа;
- срок транспортной иммобилизации составляет в среднем от 0,5 до 4 ч;
- допустимое время непрерывной фиксации шины на конечности не более 12 ч;
- условия эксплуатации изделия при воздействии температуры от –10 до +40 °С;
- устойчивость к дезинфекции моющими и водно-спиртовыми растворами, разрешенными к применению Министерством здравоохранения Республики Беларусь;
- средний срок службы шин не менее 12 месяцев.

Заключение

В рамках государственной программы «Белмедтехника» разработаны конструкции элементов ПШ, выбраны технологии их формирования, изготовлены экспериментальные и опытные партии. Выполнены приемочные технические и медицинские испытания. Разработаны и утверждены инструкция по применению и технические условия (ТУ ВУ 400030027.013) на ПШ иммобилизационные. ПШ стали долгожданной альтернативой громоздких и неудобных каркасных шин. Наличие в комплекте шин четырех

резервуаров, предназначенных для иммобилизации всех конечностей, обеспечивает предохранение перелома от смещения и циркуляцию крови по сосудам пациентов любых возрастов и антропометрических размеров. Разработанные изделия созданы на основе имеющейся в Республике Беларусь сырьевой базы и по функциональным возможностям соответствуют лучшим зарубежным аналогам. Спрос на продукцию ПШ стремительно растет. Рекомендуется оснащать комплектами иммобилизационных ПШ бригады скорой медицинской помощи, подразделения МЧС, МВД и вооруженных сил, патрульных машин ГАИ и т. д.

Литература

- 1 Юмашев, Г. С. Травматология и ортопедия / Г. С. Юмашев. – М. : Медицина, 1983. – 576 с.
- 2 Гаркави, А. В. Иммобилизация при повреждении конечностей / А. В. Гаркави, А. Д. Калашник, М. Н. Елизаров // Мед. помощь. – 1999. – № 2. – С. 14–22.
- 3 Inflatable splint: pat. 4340042 US, A61F 5/058, 5/34, 5/01, 5/04 / D.M. Smith. Publ. 1982.
- 4 Inflatable hand splint: pat. 4281647 US, A61F 5/058, 5/34, 13/10, 5/01, 5/04 / Ph.G. Antypas. Publ. 1981.
- 5 Inflatable hand splint: pat. 5152740 US, A61F 5/058, 5/04 / P.M. Harkensee, J.M. Dobbs. Publ. 1992.
- 6 Inflatable splint for ankle: pat. 2851458 FR, A61F 5/01 / P. Sailthen. Publ. 2004.
- 7 Надувная пневматическая шина с сигнальным устройством об изменении давления : пат. 2015934 RU, МПК В60С 23/04, 5/00 / М. М. Тупчиев ; опубли. 1994.
- 8 Inflatable splint: pat. 2416490 GB, A61F 5/058, 5/01, 5/04 / A. Mountain. Publ. 2006.
- 9 Air-pressure splint: pat. 4157713 US, A61F 5/058, 5/04 / M.T. Clarey. Publ. 1979.
- 10 Пневматические шины для иммобилизации поврежденных конечностей (обзор) / В. А. Банний [и др.] // Материалы, технологии, инструменты. – 2011. – Т. 16, № 2. – С. 43–52.
- 11 Уилки, Ч. Поливинилхлорид / Ч. Уилки, Дж. Саммерс, Ч. Даниэлс (ред.) ; пер. с англ. под ред. Г. Е. Заикова. – СПб. : Профессия, 2007. – 728 с.
- 12 Тарутина, Л. И. Спектральный анализ полимеров / Л. И. Тарутина, Ф. О. Позднякова. – Л. : Химия, 1986. – 248 с.
- 13 Газовый обратный клапан : пат. 16335 ВУ, МПК F16К 15/00 / Л. С. Пинчук, Е. М. Марков, В. А. Банний, В. А. Гольдаде, Е. В. Цветкова, В. Д. Резник, В. Ю. Пашуто ; опубли. 2011.
- 14 Комаров, Г. В. Соединение деталей из полимерных материалов / Г. В. Комаров. – СПб. : Профессия, 2006. – 592 с.

Поступила в редакцию 25.12.2015

V. A. Banniy, E. A. Tsvetkova, V. A. Goldade, V. I. Nikolaev, I. S. Kudina
**POLYMERIC AIR SPLINTS FOR THE IMMOBILIZATION OF THE UPPER
AND LOWER EXTREMITIES IN EMERGENCY SITUATIONS**

On the basis of the analysis of immobilized splints nomenclature, materials for production of pneumatic air splints have been defined. Designs of splints elements (the tank, the valve) were developed, technologies of their formation were chosen, pilot and pilot batches of splints were produced. Technical, sanitary, hygienic and clinical tests of the developed splints were carried out. Technical requirements on production of immobilized pneumatic air splints were registered. Practical recommendations are given on equipping by pneumatic air splints of emergency medical service crews, subdivisions of the Ministry of Emergency Situations and armed forces, patrol cars of GAI and etc.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

Журнал «Чрезвычайные ситуации: образование и наука» Государственного учреждения образования «Гомельский инженерный институт» МЧС Республики Беларусь публикует статьи по широкому спектру проблем, связанных с предупреждением и ликвидацией чрезвычайных ситуаций и подготовкой специалистов МЧС Республики Беларусь.

К публикации принимаются статьи на русском, белорусском или английском языках.

Журнал печатает в одном номере не более двух статей одного автора. Объем направляемых авторами статей, как правило, не должен превышать 6 страниц, а для заказных статей и обзоров – 12 страниц.

Представляемый в редакцию комплект материалов для публикации должен включать в себя: 1) статью; 2) сведения об авторах; 3) договор о передаче авторских прав.

Статья не должна содержать материалы, не подлежащие опубликованию в открытой печати, в соответствии с действующими законодательными актами Республики Беларусь.

Статьи, направляемые в редакцию журнала, должны удовлетворять следующим требованиям:

1 Материал статьи должен соответствовать профилю журнала.

2 Статья должна являться оригинальным текстом, освещать актуальную проблему современной науки и практики по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, подготовке специалистов МЧС Республики Беларусь или (и) образованию, обладать новизной и научно-практической значимостью.

3 Статья должна содержать все предусмотренные действующим законодательством ссылки на цитируемых авторов и источники опубликования заимствованных материалов.

4 Материалы статьи должны быть представлены на бумажном носителе, а также в электронном виде на CD или направлены по электронной почте (e-mail: ESES.gomel@gmail.com).

5 Статьи должны быть представлены в формате А4: размер шрифта – 12 пт, интервал – 1,0, абзацный отступ – 1,25 см. Поля: верхнее – 30 мм, нижнее, левое, правое 25 мм. Расстояние от края колонтитулов – 20 мм. Выравнивание текста осуществляется по ширине строки с автоматической расстановкой переносов. На электронном носителе статьи представляются в формате текстового редактора Word for Windows.

6 В левом верхнем углу первой страницы статьи должен располагаться индекс УДК, ниже – название статьи, напечатанное прописными буквами, инициалы и фамилия автора (авторов), ученая степень, должность, полные названия и адрес организации, в которой он работает. Далее следуют на русском языке аннотация статьи объемом до 10 строк машинописного текста и ключевые слова до 10 слов, текст статьи, список обозначений, литература.

7 Текст статьи должен содержать, как правило, следующие разделы: «Введение», «Основная часть», «Заключение», «Литература». В конце статьи на английском языке приводятся фамилия и инициалы авторов, название статьи и аннотация.

8 Формулы должны быть выполнены в редакторе Math Type (кроме однострочных). Они располагаются по центру строки. Номер формулы указывается справа в круглых скобках. Нумеруются только формулы, на которые имеется ссылка в тексте.

9 Рисунки и графики предоставляются отдельными файлами и должны быть четкими, контрастными. Подрисуночные подписи выравниваются по центру, после слова «Рисунок», написанного без сокращений. Ссылки по тексту на рисунки помещают в круглые скобки.

10 Таблицы располагаются непосредственно в тексте статьи. Каждая таблица должна иметь заголовок, в ней обязательно указываются единицы измерения рассматриваемых величин. Не допускается сокращение слов, кроме общепринятых (т. е., и т. д., и т. п.).

11 Обозначения и сокращения, принятые в статье, расшифровываются непосредственно в тексте.

12 Размерность всех величин, принятых в статье, должна соответствовать Международной системе единиц измерений (СИ).

13 В заключении в сжатом виде должны быть сформулированы полученные результаты, их новизна, возможность практического применения.

14 Литература должна быть оформлена в соответствии с требованиями ГОСТ 7.01–2003 и приведена в конце статьи в виде списка. Список литературы составляется в порядке цитирования в тексте статьи.

15 На отдельном листе приводятся сведения об авторах: фамилия, имя, отчество, ученая степень, звание, почетное звание, должность и место работы, адрес места работы с указанием почтового индекса, адрес электронной почты и контактные телефоны. Также необходимо указать автора, с которым будет осуществляться переписка. Образец оформления договора о передаче авторского права размещен на сайте института по адресу <http://www.gii.by>.

16 Статьи, содержащие сведения о результатах исследований, выполненных в учреждениях и организациях Республики Беларусь, должны иметь соответствующее разрешение на опубликование в открытой печати (акт экспертизы).

17 Поступившая в редакцию статья направляется на независимое рецензирование. Статьи, представленные академиками или член-корреспондентами Национальных академий наук, не рецензируются.

Материалы принимаются в первый номер журнала до 31 марта, во второй – до 30 сентября.

Авторы несут ответственность за направление в редакцию ранее опубликованных статей или статей, принятых к печати другими изданиями.

Редакция оставляет за собой право редактировать текст, не искажая основное содержание статьи. Откорректированные статьи авторам не высылаются.

Статьи, не отвечающие перечисленным требованиям, к рассмотрению не принимаются и не возвращаются авторам. Датой поступления рукописи считается день получения редакцией окончательного текста.